

Translation

PATENT COOPERATION TREATY

PCT

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

(PCT Article 36 and Rule 70)

Applicant's or agent's file reference 519237WO01	<b>FOR FURTHER ACTION</b> See Notification of Transmittal of International Preliminary Examination Report (Form PCT/IPEA/416)	
International application No. PCT/JP99/05362	International filing date (day/month/year) 30 September 1999 (30.09.99)	Priority date (day/month/year)
International Patent Classification (IPC) or national classification and IPC F16C 32/04, H02K 7/09		
Applicant MITSUBISHI DENKI KABUSHIKI KAISHA		

1. This international preliminary examination report has been prepared by this International Preliminary Examining Authority and is transmitted to the applicant according to Article 36.
2. This REPORT consists of a total of <u>3</u> sheets, including this cover sheet.  <input checked="" type="checkbox"/> This report is also accompanied by ANNEXES, i.e., sheets of the description, claims and/or drawings which have been amended and are the basis for this report and/or sheets containing rectifications made before this Authority (see Rule 70.16 and Section 607 of the Administrative Instructions under the PCT).  These annexes consist of a total of <u>14</u> sheets.
3. This report contains indications relating to the following items:  I <input checked="" type="checkbox"/> Basis of the report II <input type="checkbox"/> Priority III <input type="checkbox"/> Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability IV <input type="checkbox"/> Lack of unity of invention V <input checked="" type="checkbox"/> Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement VI <input type="checkbox"/> Certain documents cited VII <input type="checkbox"/> Certain defects in the international application VIII <input type="checkbox"/> Certain observations on the international application

Date of submission of the demand 24 November 2000 (24.11.00)	Date of completion of this report 21 August 2001 (21.08.2001)
Name and mailing address of the IPEA/JP  Facsimile No.	Authorized officer  Telephone No.



## INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.

PCT/JP99/05362

## I. Basis of the report

1. With regard to the **elements** of the international application:\*

- ☐ the international application as originally filed
- ☒ the description:  
pages 1-5,9-10,13-19, as originally filed  
pages \_\_\_\_\_, filed with the demand  
pages 6-8,11-12,20-22, filed with the letter of 30 November 2000 (30.11.2000)
- ☒ the claims:  
pages \_\_\_\_\_, as originally filed  
pages \_\_\_\_\_, as amended (together with any statement under Article 19  
pages \_\_\_\_\_, filed with the demand  
pages 1-8, filed with the letter of 30 November 2000 (30.11.2000)
- ☒ the drawings:  
pages 1-12, as originally filed  
pages \_\_\_\_\_, filed with the demand  
pages \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_
- ☐ the sequence listing part of the description:  
pages \_\_\_\_\_, as originally filed  
pages \_\_\_\_\_, filed with the demand  
pages \_\_\_\_\_, filed with the letter of \_\_\_\_\_

2. With regard to the **language**, all the elements marked above were available or furnished to this Authority in the language in which the international application was filed, unless otherwise indicated under this item.

These elements were available or furnished to this Authority in the following language \_\_\_\_\_ which is:

- ☐ the language of a translation furnished for the purposes of international search (under Rule 23.1(b)).
- ☐ the language of publication of the international application (under Rule 48.3(b)).
- ☐ the language of the translation furnished for the purposes of international preliminary examination (under Rule 55.2 and/or 55.3).

3. With regard to any **nucleotide and/or amino acid sequence** disclosed in the international application, the international preliminary examination was carried out on the basis of the sequence listing:

- ☐ contained in the international application in written form.
- ☐ filed together with the international application in computer readable form.
- ☐ furnished subsequently to this Authority in written form.
- ☐ furnished subsequently to this Authority in computer readable form.
- ☐ The statement that the subsequently furnished written sequence listing does not go beyond the disclosure in the international application as filed has been furnished.
- ☐ The statement that the information recorded in computer readable form is identical to the written sequence listing has been furnished.

4. ☐ The amendments have resulted in the cancellation of:

- ☐ the description, pages \_\_\_\_\_
- ☐ the claims, Nos. \_\_\_\_\_
- ☐ the drawings, sheets/fig \_\_\_\_\_

5. ☐ This report has been established as if (some of) the amendments had not been made, since they have been considered to go beyond the disclosure as filed, as indicated in the Supplemental Box (Rule 70.2(c)).\*\*

\* Replacement sheets which have been furnished to the receiving Office in response to an invitation under Article 14 are referred to in this report as "originally filed" and are not annexed to this report since they do not contain amendments (Rule 70.16 and 70.17).

\*\* Any replacement sheet containing such amendments must be referred to under item 1 and annexed to this report.



# INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.

PCT/JP99/05362

## V. Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement

### 1. Statement

Novelty (N)	Claims	1-8	YES
	Claims		NO
Inventive step (IS)	Claims	1-8	YES
	Claims		NO
Industrial applicability (IA)	Claims	1-8	YES
	Claims		NO

### 2. Citations and explanations

The subject matters of claims 1-8 are not described in any of the documents cited in the ISR and do not appear to be obvious to a person skilled in the art, either.



## PATENT COOPERATION TREATY

PCT

## NOTIFICATION OF ELECTION

(PCT Rule 61.2)

From the INTERNATIONAL BUREAU

To:

Commissioner  
US Department of Commerce  
United States Patent and Trademark  
Office, PCT  
2011 South Clark Place Room  
CP2/5C24  
Arlington, VA 22202  
ETATS-UNIS D'AMERIQUE  
in its capacity as elected Office

Date of mailing:

05 April 2001 (05.04.01)

International application No.:

PCT/JP99/05362

Applicant's or agent's file reference:

519237WO01

International filing date:

30 September 1999 (30.09.99)

Priority date:

Applicant:

SHIMADA, Akihiro

1. The designated Office is hereby notified of its election made:



in the demand filed with the International preliminary Examining Authority on:

24 November 2000 (24.11.00)



in a notice effecting later election filed with the International Bureau on:

2. The election ☒ was

was not

made before the expiration of 19 months from the priority date or, where Rule 32 applies, within the time limit under Rule 32.2(b).

The International Bureau of WIPO  
34, chemin des Colombettes  
1211 Geneva 20, Switzerland

Facsimile No.: (41-22) 740.14.35

Authorized officer:

J. Zahra

Telephone No.: (41-22) 338.83.38





(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2001年4月5日 (05.04.2001)

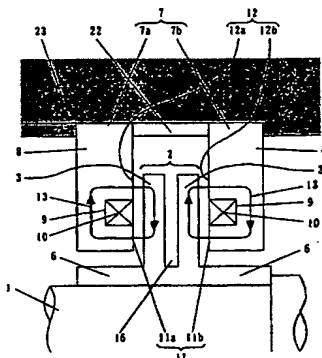
PCT

(10) 国際公開番号  
WO 01/23768 A1

- (51) 国際特許分類: F16C 32/04, H02K 7/09 (74) 代理人: 弁理士 宮田金雄, 外(MIYATA, Kaneo et al.); 〒100 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP99/05362
- (22) 国際出願日: 1999年9月30日 (30.09.1999) (81) 指定国 (国内): JP, US.
- (25) 国際出願の言語: 日本語 (84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 三菱電機株式会社 (MITSUBISHI DENKI KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒100-8310 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 嶋田明広 (SHIMADA, Akihiro) [JP/JP]; 〒100-8310 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).
- 添付公開書類:  
— 国際調査報告書
- 2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(54) Title: THRUST MAGNETIC BEARING

(54) 発明の名称: スラスト磁気軸受装置



(57) Abstract: A thrust magnetic bearing comprising a rotary disc made of a magnetic material and fixed on a rotary shaft and electromagnets arranged on both sides of the rotary disc at a proper minute distance and adapted for bearing the rotary shaft in an axially non-contact way. A deep groove for forming an air layer having a high magnetic resistance is formed over the outer circumference of the rotary disc so as to prevent formation of a magnetic circuit having no contribution to position control and to lighten the disc, thereby improving the position control performance of the thrust magnetic bearing and the rotor natural frequency.

WO 01/23768 A1



---

(57) 要約:

回転軸に磁性材からなる回転ディスクを固着し、該回転ディスクの両側に適当な微小間隔を設けてそれぞれ電磁石を配置し、回転軸を軸方向に非接触状態で支承するスラスト磁気軸受装置において、該回転ディスクの全外周にわたり磁気抵抗の大きい空気層を形成するための深溝を設けることにより、位置制御に寄与しない磁気回路の形成を軽減し、且つ該ディスクを軽量化し、スラスト磁気軸受の位置制御性能、及びロータ固有振動数の向上を図る。

## 明 細 書

## スラスト磁気軸受装置

## 5 技術分野

この発明は、発電機や電動機などの回転機器の回転軸に磁性材からなる回転ディスクを固着し、該回転ディスクから適当な微小間隔を設けて、起磁力を発生させる電磁コイルを備えた電磁石固定子をケーシングに固定し、回転軸の軸方向変位を測定する変位センサを設け、該変位センサからの出力信号をもとに前記回転ディスクと電磁石固定子間に磁気吸引力を作用させ、回転軸を電磁石固定子と離隔した目標位置に非接触で支承するスラスト磁気軸受装置に関するものである。

## 背景技術

- 15 発電機や電動機などの回転機器の回転軸をスラスト方向に磁気を利用して支承する、いわゆるスラスト磁気軸受装置の従来的一般例を第8図に示す。図において、1は回転軸で、磁性材からなる回転ディスク2が固着されている。該回転ディスク2は回転軸1との固着を強固なものとするために、通常該回転ディスク2の両側にスリーブ6を有している。
- 20 10は内側磁極歯11、外側磁極歯12を有する電磁石固定子7に組み込まれ、被覆銅線を回転軸1を中心としてリング状に必要適当回数だけ巻回し形成した電磁コイルである。8は電磁石固定子7の磁路部を形成するリング状ハウジングであり、前記電磁コイル10がリング状ハウジング8の回転軸対称に形成されたコイルスロット9に納められている。
- 25 この電磁石固定子7は2個で一組であり、前記回転ディスク2の両側に適当な微小間隔を持たせるようにカラー22を介して対向して配置され、

ケーシング 23 に取付けられている。

このスラスト磁気軸受装置の制御は、回転軸 1 の軸方向変位を図示しない変位センサにより測定し、この変位センサの出力信号に基づき、電磁コイル 10 への電流を調整して、該回転ディスク 2 と電磁石固定子 7 の内側磁極歯 11 との間、及び該回転ディスク 2 と電磁石固定子 7 の外側磁極歯 12 との間に作用する磁気吸引力を適当に変化させることにより、回転軸 1 を電磁石固定子 7 と離隔した目標位置に非接触で支承する。

ところで、上記従来一般に使用されているスラスト磁気軸受装置の構造では、電磁コイル 10 に流れる電流の極性の選択により、例えば、2 つの電磁石固定子 7a、7b、及び回転ディスク 2 の間には第 9 図に示すような磁気回路が形成される。この時、それぞれの電磁石固定子 7 と回転ディスク 2 の間に形成される 2 つの磁気回路 13 と該回転ディスク 2 を介して対向する 2 つの電磁石固定子 7a、7b の間に形成される磁気回路 14 が存在することになる。ここで、磁気回路 13 はスラスト磁気軸受の位置制御に必要な磁気吸引力に寄与する磁気回路であり、磁気回路 14 は磁気吸引力には全く寄与しない磁気回路である。

従って、結果的に電磁石固定子 7 の発生する磁気吸引力が低下し、スラスト磁気軸受装置の支持剛性が低下することになる。

なお、磁気回路 14 の発生により支持剛性が低下する理由は、例えば特開平 5-122896 公報に記載されているので割愛する。

そこでこの欠点を改善するための発明が、例えば特開平 5-122896 公報に記載されている。第 11 図はこの改良された従来のスラスト磁気軸受装置を示し、図において、磁性材からなる 1 つの回転ディスク片 3 はスリーブ 6 を有する L 形断面構造になっており、2 つの回転ディスク片 3 の反スリーブ側を対向させ、その間に非磁性材のディスク 5 を層状に挟んで 1 つの回転ディスク 2 を形成している。この回転ディスク

2 から適当な微小間隔を設けて、電磁石固定子 7 が該回転ディスク 2 の両側にカラー 22 を介して対向して配置され、ケーシング 23 に取付けられている。

5 これにより、回転ディスク 2 を介して対向する 2 つの電磁石固定子 7 を通って形成される磁気吸引力に寄与しない磁気回路 14 を除去し、それぞれの電磁石固定子 7 と回転ディスク 2 の間で独立した磁気回路 13 が形成されるため、スラスト磁気軸受装置の位置制御性能を向上させている。

10 ところで、一般的にスラスト磁気軸受装置は、機械接触式軸受では実現が困難な高速回転体の支持機構として使用されることが多い。高速回転体では、ロータの寸法、形状の設計時、ロータの曲げ 1 次モード固有振動数が重要であり、出来るかぎり高く設計することが要求される。そのため、一般にロータ形状において最大外径を有するスラスト磁気軸受装置の回転ディスク 2 の強度、質量、及び回転軸 1 と回転ディスク 2 との固着  
15 剛性がクリティカルになる場合が多く、ロータ形状設計、特にスラスト磁気軸受装置の回転ディスク 2 の形状設計には細心の注意を払う必要がある。

一般にロータが回転運動を行うと次式に示すような遠心力  $F$  [N] が回転体に作用し、その大きさは回転体の質量、及び外径に比例する。

20 
$$F = m r \omega^2$$

但し、 $m$  は回転体の質量 [Kg]、 $r$  は回転体の外半径 [m]、 $\omega$  は回転角速度 [rad/sec] である。

上記従来の改良されたスラスト磁気軸受装置(第 11 図)の回転ディスク 2 は、1 つに回転ディスク片 3 がスリーブ 6 を有する L 形断面構造となっており、2 つの回転ディスク片 3 の反スリーブ側を対向させ、その間  
25 に非磁性材ディスク 5 を挟んで 1 つの回転ディスクを形成している。従

って、2つの回転ディスク片3、及び非磁性材ディスク5はそれぞれ独立しており、お互いに拘束されていない。第12図に示すように高速回転時には、回転ディスク2、及び非磁性材ディスク5には遠心力24が作用し、回転ディスク片3の角部4の回転軸方向位置において、回転ディスク2が最大外径となるため、スリーブ6の部分より大きな遠心力が作用する。そのため、高速回転時には遠心力により角部4に最大応力が発生し、角部4の位置で回転軸1と回転ディスク2の隙間25が最大となり、回転軸1と回転ディスク2の固着はスリーブ6の一部分のみでしか保持されないという問題が生じる。また、非磁性材ディスク5についても同様であり、最大外径を有するために回転軸1と内径の間に隙間を生じ、固着が完全に保持されなくなる。

さらに、回転体の曲げ1次モード固有振動数は一般的にロータ質量の逆数の平方根に比例するため、高速回転ロータの設計時には、付加質量となりロータ剛性を低下させる固着部品の点数を極力少なくし、軽量化する方が有利である。そのため、上記従来の改良されたスラスト磁気軸受装置の回転ディスク2の構造は回転ディスク2を2分割し、さらに2つの回転ディスク片3の間に非磁性材ディスク5を付加しているため、部品点数を増加させ、且つロータ質量も増加するため不利であるという問題も併せて存在した。

また、上記従来の改良されたスラスト磁気軸受装置の他の実施例は、2つの回転ディスク片3の間に非磁性材ディスク5に変えて空気層を挟んだ構造となっている。この場合においても、上記と同様であり、2つの回転ディスク片3は互いに独立し拘束されないため、高速回転時には遠心力により角部4の固着が損なわれ、最大の隙間が発生し、回転軸1と回転ディスク2の固着はスリーブ6の一部のみでしか保持されていない。

即ち、上記従来の改良されたスラスト磁気軸受装置は、高速回転体の

支持機構での適用は困難であるという不具合があった。

また、通常、電磁石固定子 7 を取付けるケーシング 2 3、及びカラー 2 2 は製作コスト、加工切削性等の観点から鉄系の磁性材が使用されることが多いため、従来のスラスト磁気軸受装置（第 8 図）の構造において、第 10 図に示すような磁気回路 1 5 が形成される場合がある。なお、図示しないが、第 11 図に示す改良されたスラスト軸受装置においても、ケーシング 2 3、及びカラー 2 2 を鉄系の磁性材で形成した場合には、同様な磁気回路 1 5 が形成される。この時、それぞれの電磁石固定子 7 と回転ディスク 2 の間に形成される 2 つの磁気回路 1 3 と該回転ディスク 2 を介して対向する 2 つの電磁石固定子 7 と、カラー 2 2、またはケーシング 2 3 の間に形成される磁気回路 1 5 が存在することになる。ここで、磁気回路 1 3 はスラスト磁気軸受の位置制御に必要な磁気吸引力に寄与する磁気回路であり、磁気回路 1 5 は磁気吸引力に全く寄与しない磁気回路である。

従って、この場合も結果的に電磁石固定子 7 の発生する磁気吸引力が低下するため、スラスト磁気軸受の支持剛性が低下することになる。

本発明は上記課題を解決するために創案されたものであり、スラスト磁気軸受の位置制御に寄与しない磁気回路の形成を軽減または防止することにより高効率で制御性に優れた構造を有し、且つ高速回転時においてもロータの剛性低下を生じない構造を有するスラスト磁気軸受装置を提供することを目的とする。

#### 発明の開示

本発明はこれらの問題点を解決するためになされたもので、回転軸に磁性材からなる回転ディスクを固着するとともに、コイルスロットの中に起磁力を発生させるリング状の電磁コイルを挿入した一対の電磁石固

定子を、前記回転ディスクの両側に適当な微小間隔を介して位置するようケーシングに固定し、回転軸の軸方向変位を測定する変位センサの出力信号を基に、前記回転ディスクと電磁石固定子の間に磁気吸引力を作用させ、前記回転軸を電磁石固定子と離隔した目標位置に非接触で支承

5 するスラスト磁気軸受装置において、前記回転ディスクの軸方向の中央付近に、該回転ディスクの外周部から前記回転軸方向に延びる、磁気抵抗の大きい空気層を形成するための深溝または貫通孔を設けたものである。

また本発明は、前記深溝を前記回転ディスクの全外周にわたって形成

10 するとともに、該深溝の内径が前記電磁石固定子の内側磁極歯の内径より小さくなるようにしたものである。

また本発明は、前記貫通孔を前記回転ディスクの外周部から前記回転軸の外周部に至るスリット形状をなすものとしたものである。

そしてこれらの構成により、2つのそれぞれの電磁石固定子により形成される磁気回路の磁氣的干渉が緩和される。その結果、一方の電磁石

15 固定子から回転ディスクを介して他方の電磁石固定子に至り、且つ他方の電磁石固定子から回転ディスクを介して一方の電磁石固定子に至る不正な磁路の形成を軽減できるため、電磁コイルに供給された電気エネルギーが有効に回転軸の位置制御に活用され、制御性能の向上を図ることができる。また、回転ディスクは深溝または貫通孔が施されていない部分

20 において一体連結されているため、高速回転時に回転ディスクの最大外径を有する内径の回転軸方向位置において、遠心力による最大応力が発生しても応力緩和されるため、回転軸と回転ディスクの固着は確実に保持される。

さらに、深溝または貫通孔の形成により回転ディスクの質量低減が図

25 れ、且つ固着部品点数も削減できるため、結果的にローダの固有振動数を



高くすることができる。

また本発明は、前記電磁石固定子の内側磁極歯・外側磁極歯と対向しない位置に存在する前記回転ディスクの表面と該表面に対向する電磁石固定子の表面との間の距離を、前記電磁石固定子の内側磁極歯・外側磁極歯と対向する位置に存在する前記回転ディスクの表面と該表面に対向する電磁石固定子の表面との間の距離より大きく形成したものである。

この結果、電磁石固定子の内側磁極歯、及び外側磁極歯と対向しない回転ディスクの表面から回転ディスクの内部に入り込む磁束、及び漏洩磁束が軽減され、電磁石固定子の内側磁極歯と外側磁極歯の磁束密度を高めることができる。従って、電磁コイルに供給された電気エネルギーを更に有効に回転軸の位置制御に利用することができる。

また本発明は、前記電磁石固定子の外周部に、半径方向の磁気抵抗を大きくするのに十分なスリットを、数箇所設けたものであるため、2つのそれぞれの電磁石固定子により形成される磁気回路の磁氣的干渉が軽減される。その結果、一方の電磁石固定子からケーシングまたはカラーを介して他方の電磁石固定子に至り、且つ他方の電磁石固定子から回転ディスクを介して一方の電磁石固定子に至る不正な磁路の形成を軽減できるため、電磁コイルに供給された電気エネルギーが更に有効に回転軸の位置制御に活用され、制御性能の向上を図ることができる。

また本発明は、前記電磁石固定子の外側磁極歯の前記回転ディスクと対向しない部分に、該回転ディスクが位置する側から軸方向に磁気抵抗の大きい空気層を形成するための外周溝を設けたものであるため、2つの電磁石固定子により形成される磁気回路の磁氣的干渉が軽減され、且つ電磁石固定子の内側磁極歯と外側磁極歯の磁束密度を高めることができる。その結果、一方の電磁石固定子からケーシングまたはカラーを介して他方の電磁石固定子に至り、且つ他方の電磁石固定子から回転ディス

クを介して一方の電磁石固定子に至る不正な磁路の形成を軽減できるため、電磁コイルに供給された電気エネルギーが更に有効に回転軸の位置制御に活用され、制御性能の向上を図ることができる。

5       また本発明は、前記電磁石固定子の外径を前記回転ディスクの外径と同程度寸法に形成し、且つ前記電磁石固定子の外周部と電磁石固定子が取付けられるケーシングの内周部との間に、磁気抵抗の大きい層を形成するために十分な半径方向厚みを有する非磁性材からなるリングを介在させたものであるため、2つのそれぞれの電磁石固定子により形成される磁気回路が磁氣的に完全に絶縁され、且つ電磁石固定子の内側磁極歯  
10       と外側磁極歯の磁束密度を高めることができる。その結果、一方の電磁石固定子からケーシングまたはカラーを介して他方の電磁石固定子に至り、且つ他方の電磁石固定子から回転ディスクを介して一方の電磁石固定子に至る不正な磁路の形成をより確実に防止できるため、電磁コイルに供給された電気エネルギーが更に有効に回転軸の位置制御に活用され、  
15       制御性能の向上を図ることができる。

      更にまた、本発明は、前記一对の電磁石固定子の間に、両電磁石固定子の相対取付位置決めをする非磁性材からなるカラーを設けたものであるため、2つのそれぞれの電磁石固定子により形成される磁気回路が磁氣的に絶縁される。その結果、一方の電磁石固定子からカラーを介して  
20       他方の電磁石固定子に至り、且つ他方の電磁石固定子から回転ディスクを介して一方の電磁石固定子に至る不正な磁路の形成をより確実に防止できるため、電磁コイルに供給された電気エネルギーが有効に回転軸の位置制御に活用され、制御性能の向上を図ることができる。

## 25       図面の簡単な説明

      第1図は本発明に係るスラスト磁気軸受装置における実施の形態1

を示す断面図である。

第 2 図 (a) は本発明に係るスラスト磁気軸受装置における実施の形態 2 を示す断面図、第 2 図 (b) は第 2 図 (a) の X-X 線断面図である。

5 第 3 図は本発明に係るスラスト磁気軸受装置における実施の形態 3 を示す断面図である。

第 4 図 (a) は本発明に係るスラスト磁気軸受装置における実施の形態 4 を示す断面図、第 4 図 (b) は第 4 図 (a) の X-X 線断面図である。

10 第 5 図は本発明に係るスラスト磁気軸受装置における実施の形態 5 を示す断面図である。

第 6 図 (a) は本発明に係るスラスト磁気軸受装置における実施の形態 6 を示す断面図、第 6 図 (b) は第 6 図 (a) の X-X 線断面図である。

15 第 7 図は本発明に係るスラスト磁気軸受装置における実施の形態 7 を示す断面図である。

第 8 図は従来のスラスト磁気軸受装置を示す断面図である。

第 9 図は従来のスラスト磁気軸受装置の欠点を説明するための断面図である。

20 第 10 図は従来のスラスト磁気軸受装置の他の欠点を説明するための断面図である。

第 11 図は他の従来のスラスト磁気軸受装置を示す断面図である。

第 12 図は他の従来のスラスト磁気軸受装置の高速回転中の構造変形を示す図である。

25

発明を実施するための最良の形態

以下、第1図～第7図を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。

#### 実施の形態1.

第1図は本発明によるスラスト磁気軸受装置の実施の形態1を示す断面図である。電磁石固定子7は磁気特性に優れた磁性材により形成されるリング状ハウジング8の回転軸対称に形成されたリング状のコイルスロット9の中に、起磁力を発生させるためのリング状の電磁コイル10を挿入して構成される。回転軸1には磁性材からなる回転ディスク2が固着されており、該回転ディスク2から適当な微小間隔を設けて、前記電磁石固定子7が該回転ディスク2の両側に各1個ずつ配置される。該回転ディスク2は両側に回転軸1と固着させるためのスリーブ6を有しており、該回転ディスク2の軸方向の中央付近に該回転ディスク2の全外周にわたり、深溝16が電磁石固定子7の内側磁極歯11の位置を通過し、スリーブ6の内周位置より手前付近まで施されている。なお、この深溝16により形成される空気層は、十分に大きな磁気抵抗を有するように軸方向にある適当な幅をもって構成されている。

電磁コイル10に流れる電流の極性の選択により、例えば、図1に示すように電磁石固定子7と該回転ディスク2の間に2つの磁気回路13が形成される。回転軸1の制御は図示しない変位センサにより軸方向変位を検出し、この出力信号を図示しない磁気軸受制御装置に入力し、制御装置から2つの電磁コイル10に制御電流を印加して、該回転ディスク2と電磁石固定子7の間に磁気吸引力を発生させ、回転軸1を電磁石固定子7と離隔した目標位置に非接触で支承する。

そして、本発明の特徴部分として、回転軸1に固着されている前記回転ディスク2の軸方向の中央付近に回転ディスク2の全外周にわたり深溝16を設け、該深溝16の内径は内側磁極歯11の内径より小さく形

成されている。この深溝 16 により形成される空気層は十分に大きな磁気抵抗を有するように軸方向にある適当な幅をもって構成されているため、電磁石固定子 7 a と回転ディスク 2 により形成される磁気回路 13、及び電磁石固定子 7 b と回転ディスク 2 により形成される磁気回路 13 が磁氣的に絶縁されている。その結果、部品点数を増加させることなく、第 9 図で 14 で示す不正な磁路の形成を軽減でき、各電磁石固定子 7 a、7 b 毎に磁路を独立させるため、電磁コイル 10 に供給された電気エネルギーを有効に回転軸 1 の位置制御に利用することができる。

また、2 つの回転ディスク片 3 は深溝 16 の底部において一体連結されているため、高速回転時に回転ディスク 2 の最大外径を有する角部 4 の回転軸方向位置において、遠心力による最大応力が発生しても応力緩和されるため、回転軸 1 と回転ディスク 2 の固着は常に保持される。

さらに、深溝 16 の形成により回転ディスク 2 の質量低減が図れ、且つ固着部品点数も削減できるため、高速回転時に問題となるロータの固有振動数を高くすることができて、ロータの設計を容易にすることができる。

更にまた、深溝 16 は、旋盤等を用いて簡単に形成できるため作業性がよい。

実施の形態 2 .

第 2 図 (a) は本発明によるスラスト磁気軸受装置の実施の形態 2 を示す断面図、第 2 図 (b) は第 2 図 (a) の X-X 線断面図である。なお、この実施の形態 2 は上記実施の形態 1 の回転ディスク 2 の構造を変更している。

即ち、本実施の形態 2 では第 2 図に示すように、回転ディスク 2 は両側に回転軸 1 と固着させるためのスリーブ 6 を有しており、該回転ディスク 2 の軸方向の中央付近に、該回転ディスク 2 の外周部から回転軸 1

の外周部に至るスリット状の貫通孔 17 が数箇所施されている。なお、この貫通孔 17 の形成位置は、回転ディスク 2 が高速回転した時、アンバランスとならない位置である。また、このスリット状の貫通孔 17 により形成される空気層は、十分に大きな磁気抵抗を有するようにある適  
5 当な径をもって構成されている。また、第 2 図 (b) において、17a はスリット状の貫通孔 17 が施されていない部分 17a で、回転ディスク片 3、3 間を接続する役目をするものである。なお、その他の構成は実施の形態 1 と同様であるの説明を省略する。

電磁コイル 10 に流れる電流の極性の選択により、例えば、第 2 図に  
10 示すように電磁石固定子 7 と該回転ディスク 2 の間に 2 つの磁気回路 13 が形成される。回転軸 1 の位置制御の手段については実施の形態 1 と同様である。

そして、本発明の特徴部分として、回転軸 1 に固着されている前記回転ディスク 2 の軸方向の中央付近に、回転ディスク 2 の外径部の数箇所  
15 より、スリット状の貫通孔 17 が施されている。このスリット状の貫通孔 17 により形成される空気層は十分に大きな磁気抵抗を有するようにある適当な径をもって構成されているため、電磁石固定子 7a と回転ディスク 2 により形成される磁気回路、および電磁石固定子 7b と回転ディスク 2 により形成される磁気回路の磁氣的干渉が緩和されている。そ  
20 の結果、部品点数を増加させることなく、第 9 図で 14 で示す不正な磁路の形成を軽減でき、各電磁石固定子 7a、7b 毎に磁路を独立させるため、電磁コイル 10 に供給された電気エネルギーを有効に回転軸 1 の位置制御に利用することができる。

また、回転ディスク 2 の最大外径部位置の付根部は、スリット状の貫通  
25 孔 17 が施されていない部分 17a において一体であるため、高速回転時に回転ディスク 2 の最大外径を有する角部 4 の回転軸方向位置において、

遠心力による最大応力が発生しても応力緩和されるため、回転軸 1 と回転ディスク 2 の固着は常に保持される。

さらに、スリット状の貫通孔 17 の形成により、回転ディスク 2 の質量低減が図れ、且つ固着部品点数も削減できるため、高速回転時に問題となるローダの固有振動数を高くすることができて、ローダの設計を容易にすることができる。

実施の形態 3.

第 3 図は本発明によるスラスト磁気軸受装置の実施の形態 3 を示す断面図である。この実施の形態 3 は上記実施の形態 1 の回転ディスク 2 の構造を一部改善している。

即ち、本実施の形態では第 1 図、及び第 2 図の回転ディスク 2 の両側に適当な微小間隔を設けて配置された電磁石固定子 7 の内側磁極歯 11、及び外側磁極歯 12 と対向しない該回転ディスク 2 の表面とこの表面に対向する電磁石固定子 7 の表面との距離が、電磁石固定子 7 の内側磁極歯 11、及び外側磁極歯 12 と対向する該回転ディスク 2 の表面とこの表面に対向する電磁石固定子 7 の表面との距離より大きくなるように形成されている。換言すれば、回転ディスク 2 の電磁石固定子 7 の内側磁極歯 11、及び外側磁極歯 12 と対向しない表面が、回転ディスク 2 の電磁石固定子 7 の内側磁極歯 11、及び外側磁極歯 12 と対向する表面より凹んだ形状となるように、回転ディスク 2 の電磁石固定子 7 の内側磁極歯 11、及び外側磁極歯 12 と対向しない表面に、リング状の凹部を形成している。なお、第 3 図において、A は、上記の構成により回転ディスク 2 の電磁石固定子 7 の内側磁極歯 11 に対向する表面と電磁石固定子 7 の内側磁極歯 11 との間、及び回転ディスク 2 の電磁石固定子 7 の外側磁極歯 12 に対向する表面と電磁石固定子 7 の外側磁極歯 12 との間に、磁束が集中する様子を視覚的に表現している部分である。な

おまた、その他の構成は実施の形態1と同様であるの説明を省略する。

電磁コイル10に流れる電流の極性の選択により、例えば、第3図に示すように電磁石固定子7と該回転ディスク2の間に2つの磁気回路13が形成される。回転軸1の位置制御の手段については実施の形態1と同様である。

そして、本発明の特徴部分として、回転軸1に固着されている回転ディスク2の両側に適当な微小間隔を設けて配置された電磁石固定子7の内側磁極歯11、及び外側磁極歯12と対向しない該回転ディスク2の表面とこの表面に対向する電磁石固定子7の表面との距離が、電磁石固定子7の内側磁極歯11、及び外側磁極歯12と対向する該回転ディスク2の表面とこの表面に対向する電磁石固定子7の表面との距離より大きくなるように形成されている。この表面距離の差により、電磁石固定子7の内側磁極歯11、及び外側磁極歯12と対向しない回転ディスク2の表面から回転ディスク2の内部に入り込む磁束、及び漏洩磁束が軽減され、電磁石固定子7により生成される磁束は、効率良く電磁石固定子7の内側磁極歯11、及び外側磁極歯12と対向する回転ディスク2の表面のみから回転ディスク2の内部へ入り込むことができる。結果的に、部品点数を増加させることなく、内側磁極歯11、及び外側磁極歯12の磁束密度を高めることができる。従って、電磁コイル10に供給された電気エネルギーを更に有効に回転軸1の位置制御に利用することができる。

なお、この実施の形態3の特徴構成は、実施の形態2で示すものに組合せることもできる。

実施の形態4.

第4図(a)は本発明によるスラスト磁気軸受装置の実施の形態4を示す断面図、第4図(b)は第4図(a)のX-X線断面図である。こ



の実施の形態 4 は上記実施の形態 1 の電磁石固定子 7 の構造を一部改善している。

即ち、本実施の形態では、電磁石固定子 7 の外周部に、スリット 18 が、数箇所、且つ電磁石固定子 7 の軸方向全長に亘って施されている。

- 5    なお、このスリット 18 は、このスリット 18 により形成される空気層が十分に大きな磁気抵抗を有するようにある適当な半径方向深さをもって形成されており、且つ取付強度的に許容されるところまで電磁石固定子 7 とケーシング 23 との接触部分を極力少なくするように、スリット 18 の個数、及び周方向長さが適当に決められている。なおまた、その  
10    他の構成は実施の形態 1 と同様であるの説明を省略する。

電磁コイル 10 に流れる電流の極性の選択により、例えば、第 4 図に示すように電磁石固定子 7 と該回転ディスク 2 の間に 2 つの磁気回路 13 が形成される。回転軸 1 の位置制御の手段については実施の形態 1 と同様である。

- 15    そして、本発明の特徴部分として、回転ディスク 2 の両側に適当な微小間隔を設けて配置された電磁石固定子 7 の外周部にスリット 18 が数箇所に施されている。このスリット 18 により形成される空気層が十分に大きな磁気抵抗を有するようにある適当な半径方向深さをもって形成されており、且つ取付強度的に許容されるところまで電磁石固定子 7 と  
20    ケーシング 23 との接触部分を極力少なくするように、スリット 18 の個数、及び周方向長さが適当に決められている。従って、回転ディスク 2 を介して対向する 2 つの電磁石固定子 7 と、一般に鉄系の磁性材で製作されるカラー 22、及びケーシング 23 の間に形成される磁気吸引力に寄与しない磁気回路の生成が軽減されている。その結果、電磁石固定子 7 a と回転ディスク 2 により形成される磁気回路、及び電磁石固定子 7 b と回転ディスク 2 により形成される磁気回路が磁氣的に絶縁され、  
25

部品点数を増加させることなく、第10図で15で示す不正な磁路の形成をより軽減でき、電磁コイル10に供給された電気エネルギーを更に有効に回転軸1の位置制御に利用することができる。

5      なお、この実施の形態4の特徴構成は、実施の形態2、または実施の形態3で示すものにも組合せることができる。

実施の形態5。

第5図は本発明によるスラスト磁気軸受装置の実施の形態5を示す断面図である。この実施の形態5は上記実施の形態1の電磁石固定子7の構造を一部改善している。

10      即ち、本実施の形態では電磁石固定子7の外側磁極歯12の該回転ディスク2と対向しない部分に、該回転ディスク2が位置する側から軸方向にリング状の外周溝19が施されている。この外周溝19は、この外周溝19により形成される空気層が十分に大きな磁気抵抗を有するよう  
15      7の外周溝底部20の半径方向の磁気抵抗を十分に大きくでき、取付強度的に許容されるところまで、外周溝19の軸方向深さが確保されている。なお、その他の構成は実施の形態1と同様であるの説明を省略する。

電磁コイル10に流れる電流の極性の選択により、例えば、第5図に示すように電磁石固定子7と該回転ディスク2の間に2つの磁気回路1  
20      3が形成される。回転軸1の位置制御の手段については実施の形態1と同様である。

そして、本発明の特徴部分として、回転ディスク2の両側に適当な微小間隔を設けて配置された電磁石固定子7の外側磁極歯12の該回転ディスク2と対向しない部分に、該回転ディスク2が位置する側から軸方向に外周溝19が施されている。この外周溝19により形成される空気  
25      層が十分に大きな磁気抵抗を有するようにある適当な半径方向厚みをも

って形成されており、且つ電磁石固定子7の外周溝底部20の半径方向の磁気抵抗を十分に大きくでき、取付強度的に許容されるところまで、外周溝19の軸方向深さが確保されている。従って、回転ディスク2を介して対向する2つの電磁石固定子7と、一般に鉄系の磁性材で製作されるカラー22、及びケーシング23の間に形成される磁気吸引力に寄与しない磁気回路の生成が軽減されている。また、電磁石固定子7の外側磁極歯12の回転ディスク2と対向しない部分より外周溝19が施されているため、電磁石固定子7の外側磁極歯12の磁束密度が高められている。その結果、電磁石固定子7aと回転ディスク2により形成される磁気回路、及び電磁石固定子7bと回転ディスク2により形成される磁気回路が磁氣的に絶縁され、部品点数を増加させることなく、第10図で15で示す不正な磁路の形成をより軽減でき、電磁コイル10に供給された電気エネルギーを更に有効に回転軸1の位置制御に利用することができる。

15       なお、この実施の形態5の特徴構成は、実施の形態2、または実施の形態3で示すものにも組合せることができ、更に機械的剛性が保てるならば、形態4で示すものにも組合せることができる。  
実施の形態6。

20       第6図(a)は本発明によるスラスト磁気軸受装置の実施の形態6を示す断面図、第6図(b)は第6図(a)のX-X線断面図である。この実施の形態4は上記実施の形態1の電磁石固定子7の構造を一部改善している。この実施の形態6は上記実施の形態1の電磁石固定子7の構造を一部改善している。

25       即ち、本実施の形態では電磁石固定子7の外径を該回転ディスク2の外径と同程度寸法に形成し、2つの電磁石固定子7の外径部に非磁性材からなるリング21が取付けられている。なお、このケーシング23の

内周部と電磁石固定子7の外周部との間に取付けられる非磁性材リング21は、十分に大きな磁気抵抗を有するように半径方向にある適当な厚みをもって形成されている。なお、その他の構成は実施の形態1と同様であるの説明を省略する。

- 5       電磁コイル10に流れる電流の極性の選択により、例えば、第6図に示すように電磁石固定子7と該回転ディスク2の間に2つの磁気回路13が形成される。回転軸1の位置制御の手段については実施の形態1と同様である。

- 10       そして、本発明の特徴部分として、回転ディスク2の両側に適当な微小間隔を設けて配置された電磁石固定子7の外径を該回転ディスク2の外径と同程度寸法に形成し、2つの電磁石固定子7の外径部に非磁性材からなるリング21が取付けられている。ケーシング23の内径と電磁石固定子7の外径の間に取付けられる該非磁性材リング21が十分に大きな磁気抵抗を有するように半径方向にある適当な厚みをもって形成さ
- 15       れているため、回転ディスク2を介して対向する2つの電磁石固定子7と、一般に鉄系の磁性材で製作されるカラー22、及びケーシング23の間に形成される磁気吸引力に寄与しない磁気回路の生成を防止している。また、電磁石固定子7の外径が回転ディスク2の外径と同程度寸法に形成されているため、電磁石固定子7の外側磁極歯12の磁束密度を
- 20       高められている。その結果、電磁石固定子7aと回転ディスク2により形成される磁気回路、及び電磁石固定子7bと回転ディスク2により形成される磁気回路が磁氣的に完全に絶縁され、第10図で15で示す不正な磁路の形成をより確実に防止でき、電磁コイル10に供給された電気エネルギーを更に有効に回転軸1の位置制御に利用することができる。
- 25       なお、この実施の形態6の特徴構成は、実施の形態2～実施の形態5で示す何れのものにも組合せることができる。

### 実施の形態 7.

第 7 図は本発明によるスラスト磁気軸受装置の実施の形態 7 を示す断面図である。この実施の形態 7 は上記実施の形態 1 の 2 つ電磁石固定子 7 の相対取付位置決め用のカラー 22 を改善している。

- 5 即ち、本実施の形態では回転ディスク 2 の両側に適当な微小間隔を設けて配置された 2 個の電磁石固定子 7 の間に非磁性材からなるカラー 22 を設けている。なお、その他の構成は実施の形態 1 と同様であるの説明を省略する。

- 10 電磁コイル 10 に流れる電流の極性の選択により、例えば、第 7 図に示すように電磁石固定子 7 と該回転ディスク 2 の間に 2 つの磁気回路 13 が形成される。回転軸 1 の位置制御の手段については実施の形態 1 と同様である。

- そして、本発明の特徴部分として、回転ディスク 2 の両側に適当な微小間隔を設けて配置された 2 個の電磁石固定子 7 の間に非磁性材からなるカラー 22 を設けている。該カラー 22 は非磁性材を使用して形成されているため、回転ディスク 2 を介して対向する 2 つの電磁石固定子 7 とカラー 22 との間に磁気吸引力に寄与しない磁気回路の生成が防止されている。従って、電磁石固定子 7 a と回転ディスク 2 により形成される磁気回路、及び電磁石固定子 7 b と回転ディスク 2 により形成される磁気回路が磁氣的に完全に絶縁され、部品点数を増加させることなく、不正な磁路（電磁石固定子 7 とカラー 22 との間に形成される不正な磁路）の形成をより確実に防止でき、電磁コイル 10 に供給された電気エネルギーを更に有効に回転軸 1 の位置制御に利用することができる。また、両電磁石固定子 7 の相対取付位置決めは該カラー 22 を利用して、容易に行うことができ、組立て性を向上させている。

なお、この実施の形態 7 の特徴構成は、実施の形態 2 ～実施の形態 6

で示す何れのものにも組合せることができる。

また、本発明は上記各実施の形態に限定されるものではなく、その他種々の変形例を含むものである。本発明の特徴は、2つの電磁石固定子7の磁気的な干渉を軽減、または防止し、且つ高速回転時においてもロータの剛性低下を生じないことであるため、例えば、実施の形態2では、  
5 回転ディスク2の軸方向の中央付近に、回転ディスク2の外径部より、磁気抵抗の大きい空気層を形成するためのスリット状の貫通孔17を施したが、このスリット状の貫通孔17の替わりに、円状貫通孔を回転ディスク2の外周部より複数箇所にも施しても良い。この場合、ドリル等で  
10 簡単に貫通孔を形成出来るので、作業性がよい。また、実施の形態2において、必ずしも貫通孔でなくてもよく、回転軸1の外周部まで達しない、電磁石固定子7の内側磁極歯11の内径より深い深溝であっても所期の目的を達成できる。

以上説明したように、本発明におけるスラスト磁気軸受装置の構造によれば、回転ディスクの軸方向の中央付近に、該回転ディスクの外周部から前記回転軸方向に延びる、磁気抵抗の大きい空気層を形成するための深溝または貫通孔を設けたので、深溝または貫通孔の効果により、2つのそれぞれの電磁石固定子により形成される磁気回路が磁気的に絶縁される。その結果、不正な磁路の形成を軽減できるため、電磁コイルに  
20 供給された電気エネルギーが有効に回転軸の位置制御に活用され、制御性能の向上を図ることができる。また、回転ディスクは深溝の底部、貫通孔が施されていない部分において一体連結されているため、高速回転時に回転ディスクの最大外径を有する内径の回転軸方向位置において、遠心力による最大応力が発生しても応力緩和されるため、回転軸と回転ディスクの固着は確実に保持される。  
25

さらに、深溝または貫通孔の形成により回転ディスクの質量低減が図

れ、且つ固着部品点数も削減できるため、ロータの固有振動数を高くすることができる。

また本発明によれば、電磁石固定子の内側磁極歯・外側磁極歯と対向しない位置に存在する前記回転ディスクの表面と該表面に対向する電磁石固定子の表面との間の距離を、前記電磁石固定子の内側磁極歯・外側磁極歯と対向する位置に存在する前記回転ディスクの表面と該表面に対向する電磁石固定子の表面との間の距離より大きく形成したので、電磁石固定子の内側磁極歯、及び外側磁極歯と対向しない回転ディスクの表面から回転ディスクの内部に入り込む磁束、及び雰囲気中へ逃げる漏洩磁束が軽減され、電磁石固定子の内側磁極歯と外側磁極歯の磁束密度を高めることができる。従って、電磁コイルに供給された電気エネルギーを更に有効に回転軸の位置制御に利用することができる。

また本発明によれば、電磁石固定子の外周部に、半径方向の磁気抵抗を大きくするのに十分なスリットを、数箇所設けたので、2つのそれぞれの電磁石固定子により形成される磁気回路の磁氣的干渉が軽減される。その結果、不正な磁路の形成を軽減できるため、電磁コイルに供給された電気エネルギーが更に有効に回転軸の位置制御に活用され、制御性能の向上を図ることができる。

また本発明によれば、電磁石固定子の外側磁極歯の前記回転ディスクと対向しない部分に、該回転ディスクが位置する側から軸方向に磁気抵抗の大きい空気層を形成するための外周溝を設けたので、2つの電磁石固定子により形成される磁気回路の磁氣的干渉が軽減され、且つ電磁石固定子の内側磁極歯と外側磁極歯の磁束密度を高めることができる。その結果、不正な磁路の形成を軽減できるため、電磁コイルに供給された電気エネルギーが更に有効に回転軸の位置制御に活用され、制御性能の向上を図ることができる。

また本発明によれば、電磁石固定子の外径を前記回転ディスクの外径と同程度寸法に形成し、且つ前記電磁石固定子の外周部と電磁石固定子  
5 が取付けられるケーシングの内周部との間に、磁気抵抗の大きい層を形成するために十分な半径方向厚みを有する非磁性材からなるリングを介在させたので、2つのそれぞれの電磁石固定子により形成される磁気回路が磁氣的に完全に絶縁され、且つ電磁石固定子の内側磁極歯と外側磁極歯の磁束密度を高めることができる。その結果、一方の電磁石固定子からケーシングまたはカラーを介して他方の電磁石固定子に至り、且つ他方の電磁石固定子から回転ディスクを介して一方の電磁石固定子に至る不正な磁路の形成をより確実に防止できるため、電磁コイルに供給された電気エネルギーが更に有効に回転軸の位置制御に活用され、制御性能の向上を図ることができる。

更にまた、本発明によれば、一対の電磁石固定子の間に、両電磁石固定子の相対取付位置決めをする非磁性材からなるカラーを設けたので、  
15 2つのそれぞれの電磁石固定子により形成される磁気回路が磁氣的に絶縁される。その結果、一方の電磁石固定子からカラーを介して他方の電磁石固定子に至り、且つ他方の電磁石固定子から回転ディスクを介して一方の電磁石固定子に至る不正な磁路の形成をより確実に防止できるため、電磁コイルに供給された電気エネルギーが有効に回転軸の位置制御  
20 に活用され、制御性能の向上を図ることができる。

#### 産業上の利用可能性

以上のように、本発明にかかるスラスト磁気軸受装置は、発電機や電動機などの回転機器の、特に高速回転する回転軸の支承において用いられるのに適している。

25



## 請 求 の 範 囲

1. 回転軸に磁性材からなる回転ディスクを固着するとともに、コイル  
5 スロットの中に起磁力を発生させるリング状の電磁コイルを挿入した一  
対の電磁石固定子を、前記回転ディスクの両側に適当な微小間隔を介し  
て位置するようケーシングに固定し、回転軸の軸方向変位を測定する変  
位センサの出力信号を基に、前記回転ディスクと電磁石固定子の間に磁  
気吸引力を作用させ、前記回転軸を電磁石固定子と離隔した目標位置に  
10 非接触で支承するスラスト磁気軸受装置において、前記回転ディスクの  
軸方向の中央付近に、該回転ディスクの外周部から前記回転軸方向に延  
びる、磁気抵抗の大きい空気層を形成するための深溝または貫通孔を設  
けたことを特徴とするスラスト磁気軸受装置。
2. 前記深溝は前記回転ディスクの全外周にわたって形成されていると  
15 ともに、該深溝の内径が前記電磁石固定子の内側磁極歯の内径より小さ  
いことを特徴とする請求の範囲第1項に記載のスラスト磁気軸受装置。
3. 前記貫通孔は前記回転ディスクの外周部から前記回転軸の外周部に  
至るスリット形状をなすものであることを特徴とする請求の範囲第1項  
に記載のスラスト磁気軸受装置。
- 20 4. 前記電磁石固定子の内側磁極歯・外側磁極歯と対向しない位置に存  
在する前記回転ディスクの表面と該表面に対向する電磁石固定子の表面  
との間の距離を、前記電磁石固定子の内側磁極歯・外側磁極歯と対向す  
る位置に存在する前記回転ディスクの表面と該表面に対向する電磁石固  
定子の表面との間の距離より大きく形成したことを特徴とする請求の範  
25 囲第1項～第3項の何れかに記載のスラスト磁気軸受装置。
5. 前記電磁石固定子の外周部に、半径方向の磁気抵抗を大きくするの

に十分なスリットを、数箇所設けたことを特徴とする請求の範囲第1項～第4項の何れかに記載のスラスト磁気軸受装置。

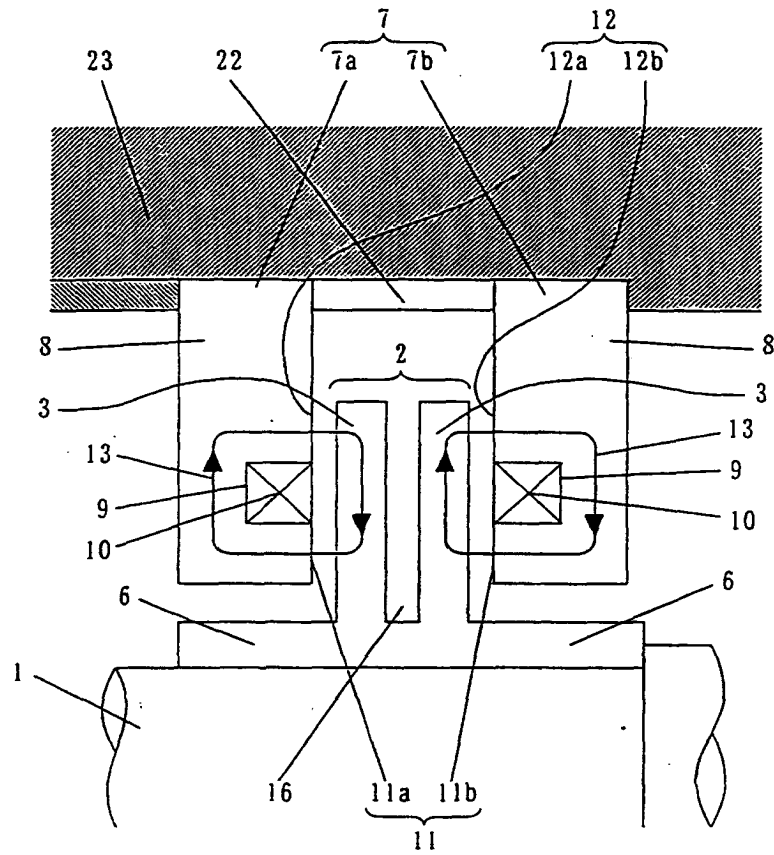
- 5 6. 前記電磁石固定子の外側磁極歯の前記回転ディスクと対向しない部分に、該回転ディスクが位置する側から軸方向に磁気抵抗の大きい空気層を形成するための外周溝を設けたことを特徴とする請求の範囲第1項～第5項の何れかに記載のスラスト磁気軸受装置。

- 10 7. 前記電磁石固定子の外径を前記回転ディスクの外径と同程度寸法に形成し、且つ前記電磁石固定子の外周部と電磁石固定子が取付けられるケーシングの内周部との間に、磁気抵抗の大きい層を形成するために十分な半径方向厚みを有する非磁性材からなるリングを介在させたことを特徴とする請求の範囲第1項～第6項の何れかに記載のスラスト磁気軸受装置。

- 15 8. 前記一对の電磁石固定子の間に、両電磁石固定子の相対取付位置決めをする非磁性材からなるカラーを設けたことを特徴する請求の範囲第1項～第7項の何れかに記載のスラスト磁気軸受装置。

1 / 10

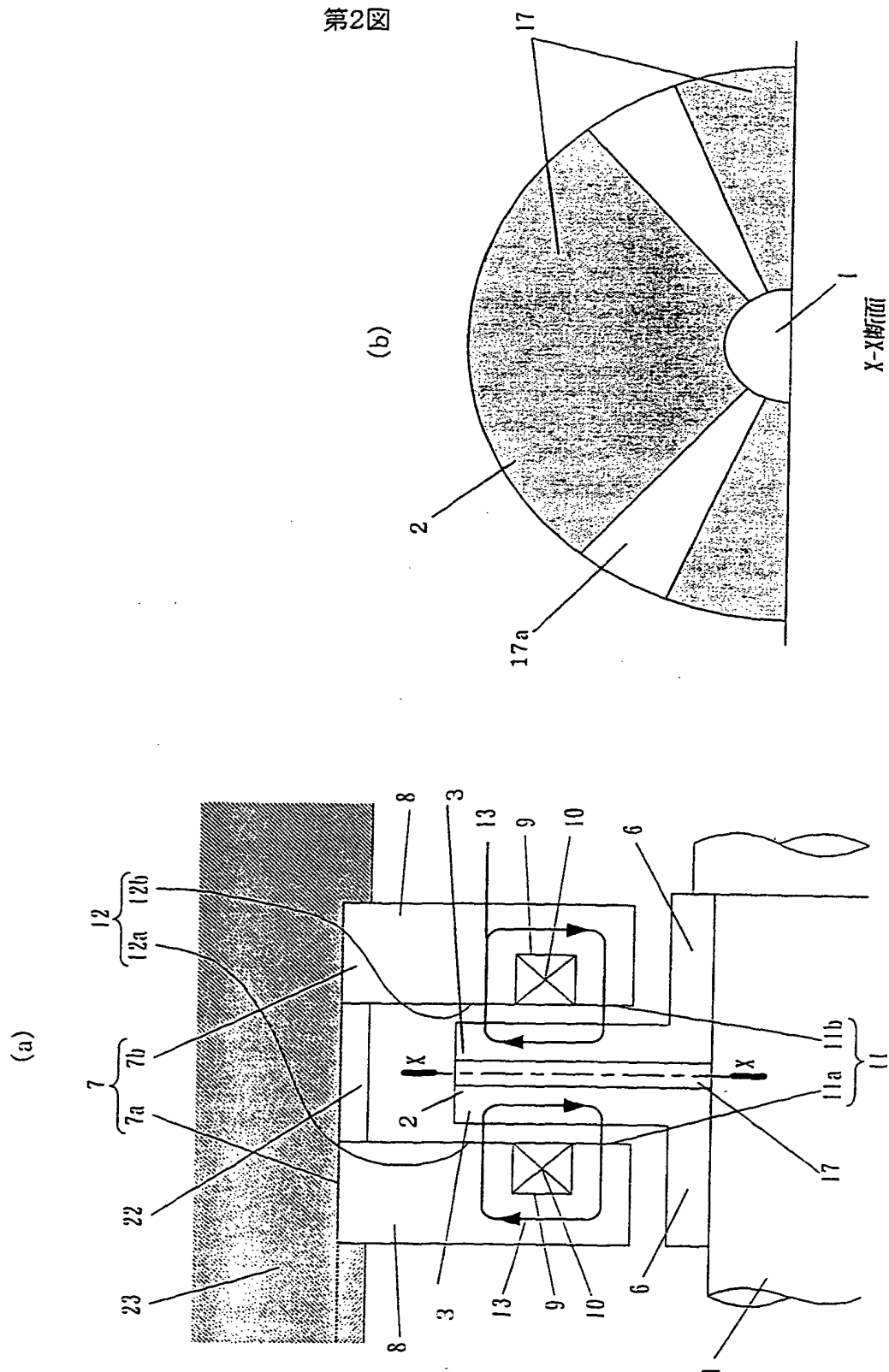
第1図





2/10

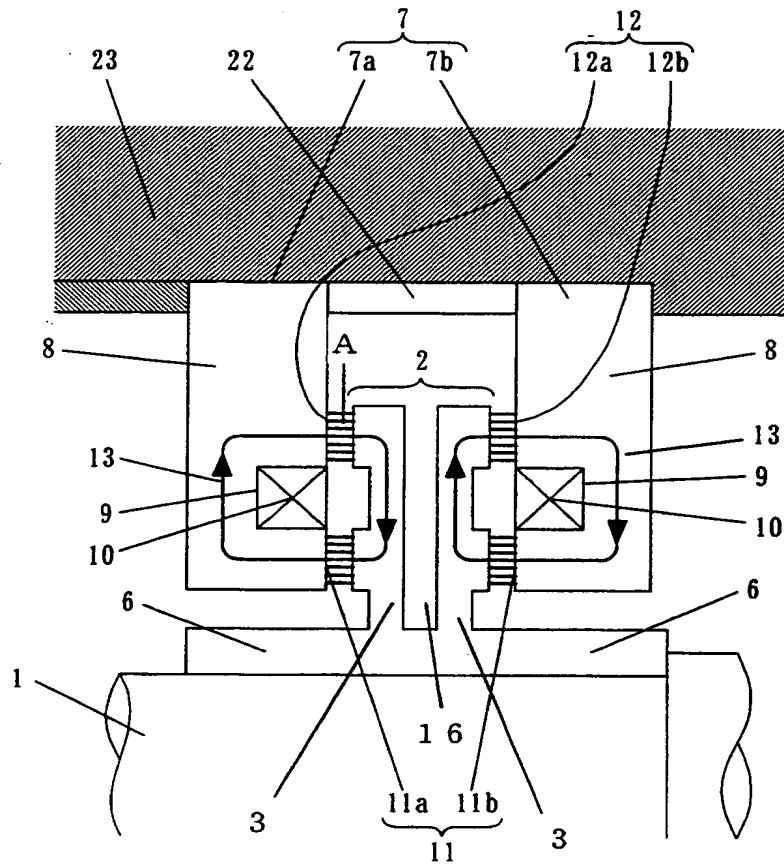
第2図





3 / 1 0

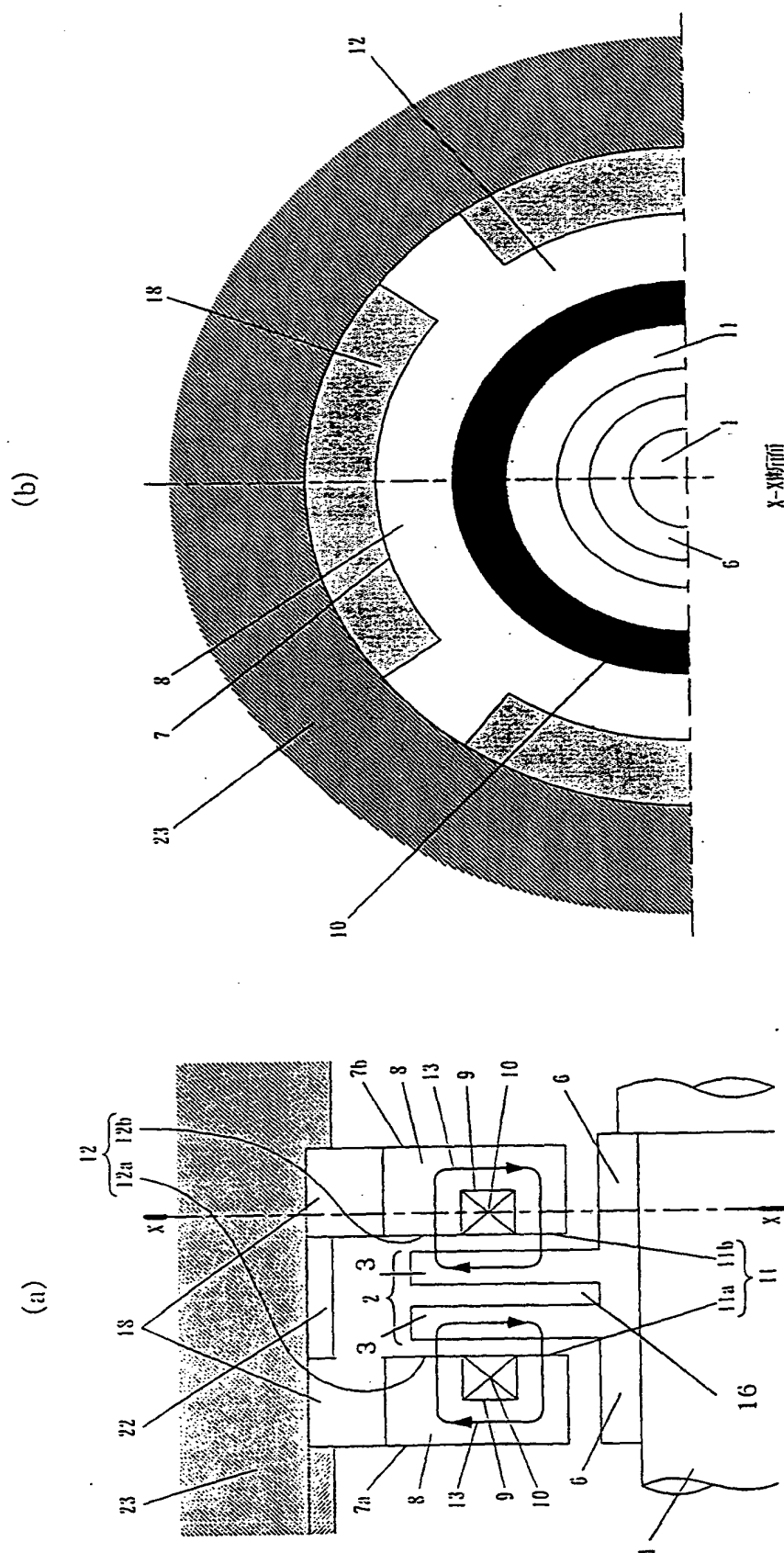
第 3 図





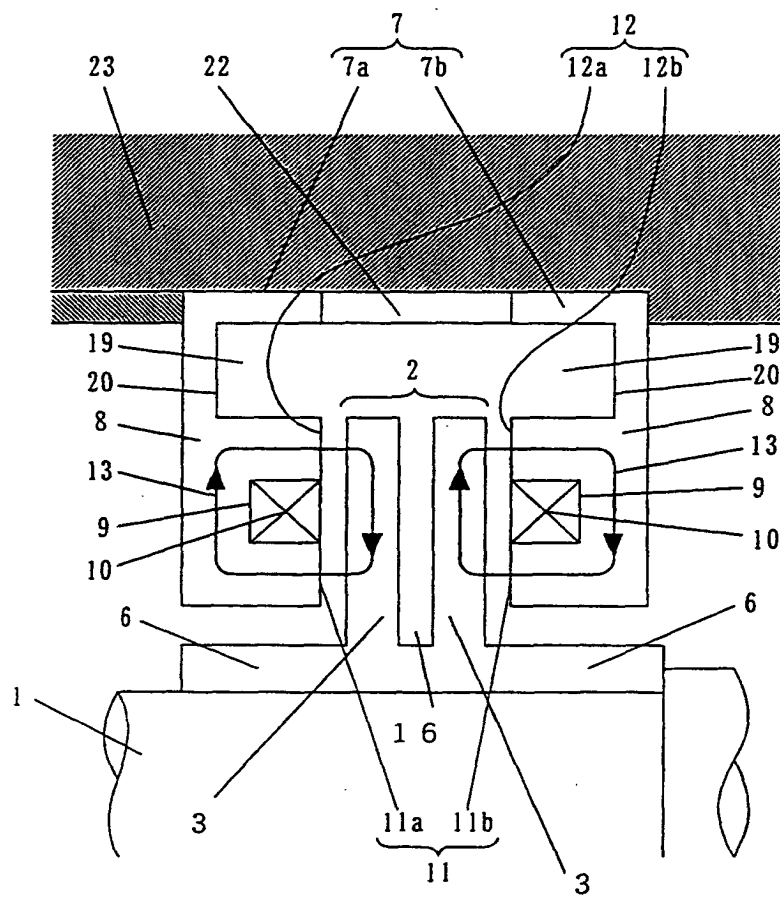


第4図 4/10



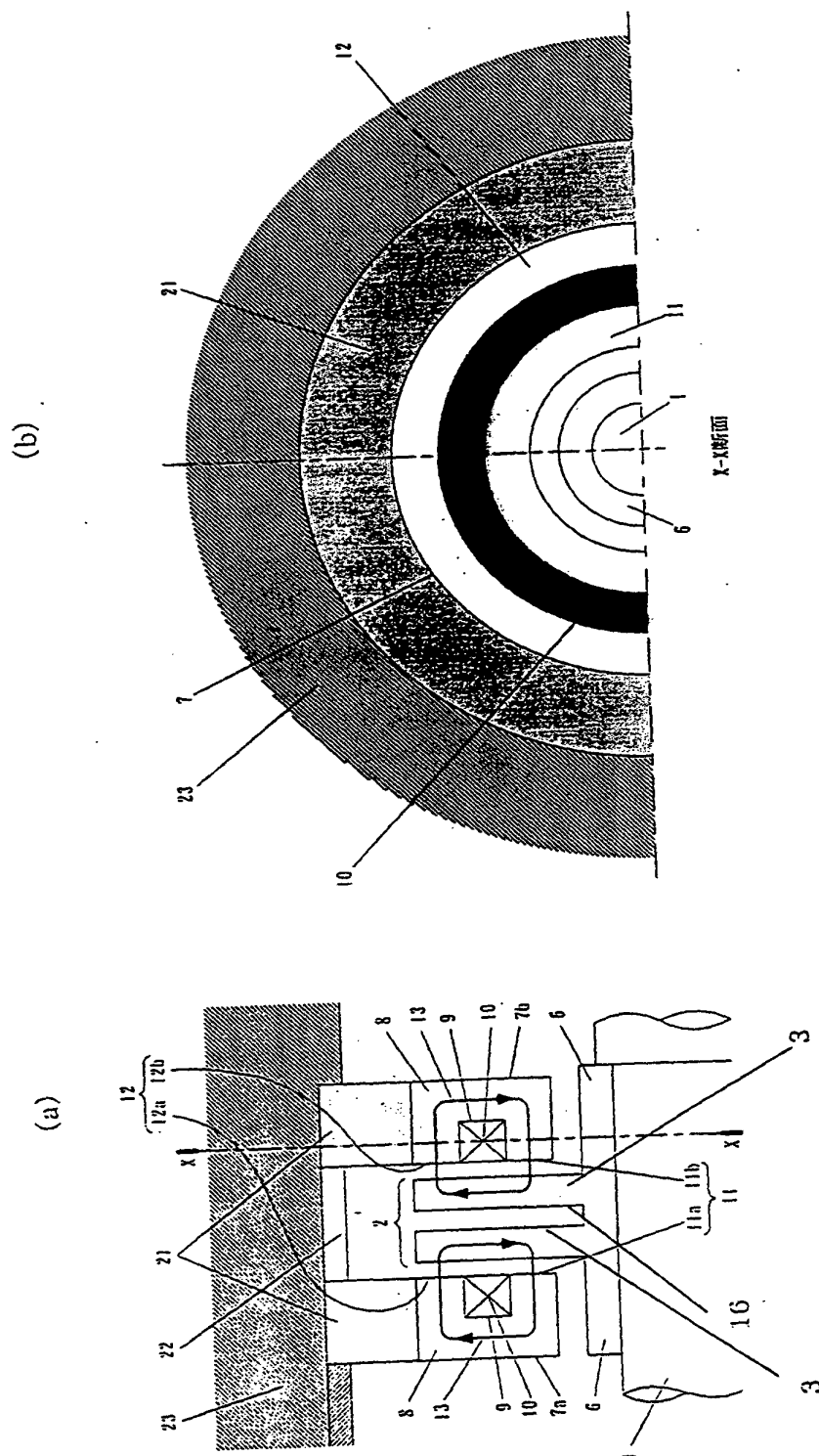


第5図



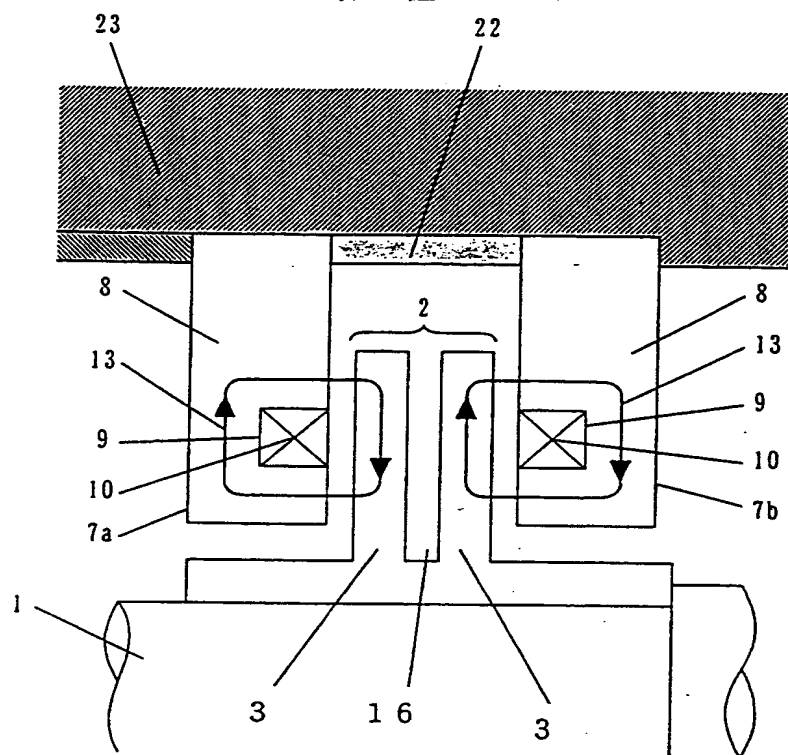


第6図

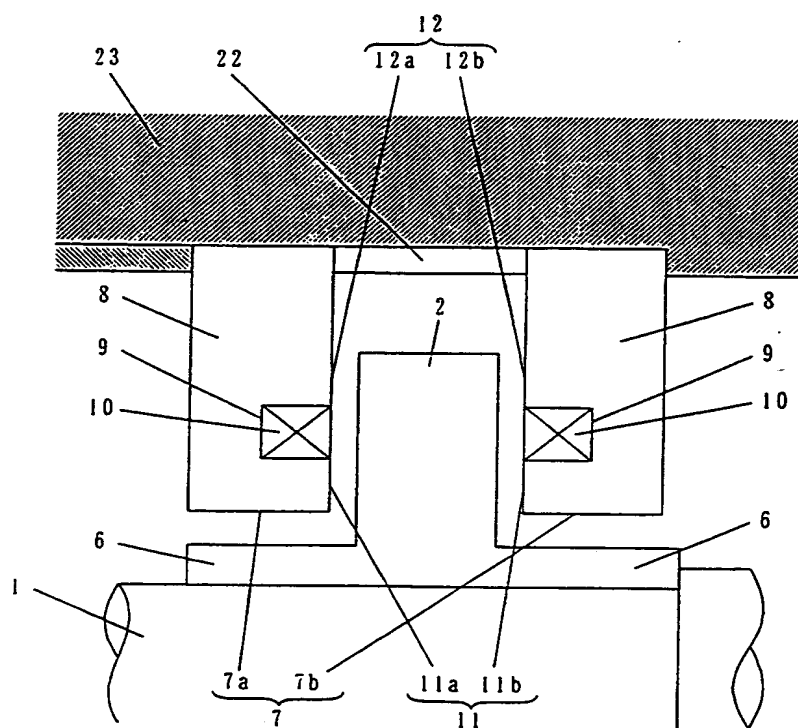




7/10  
第7図



第8図

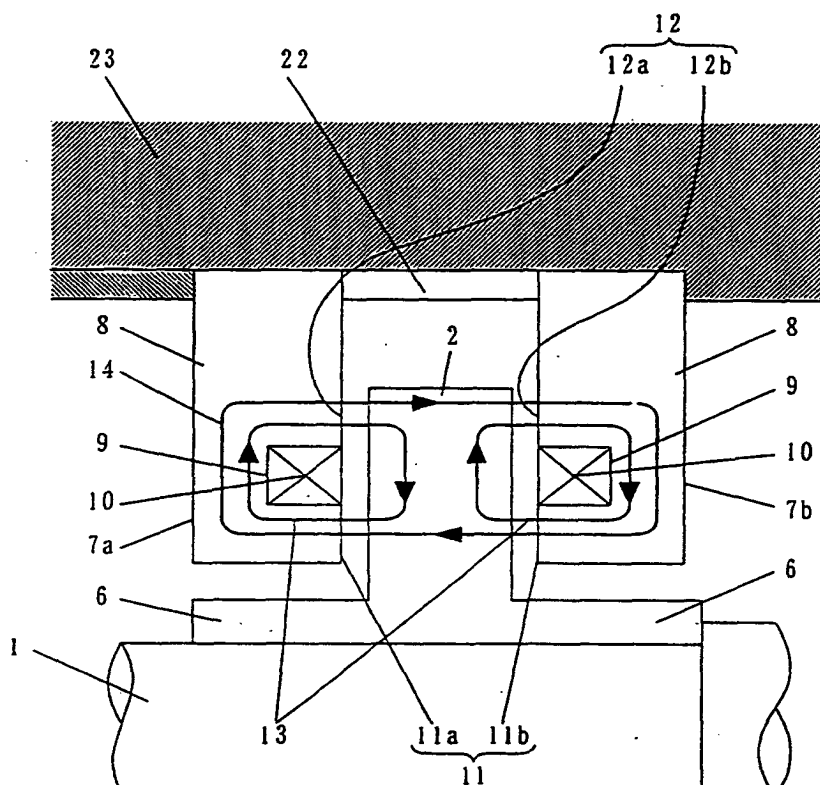




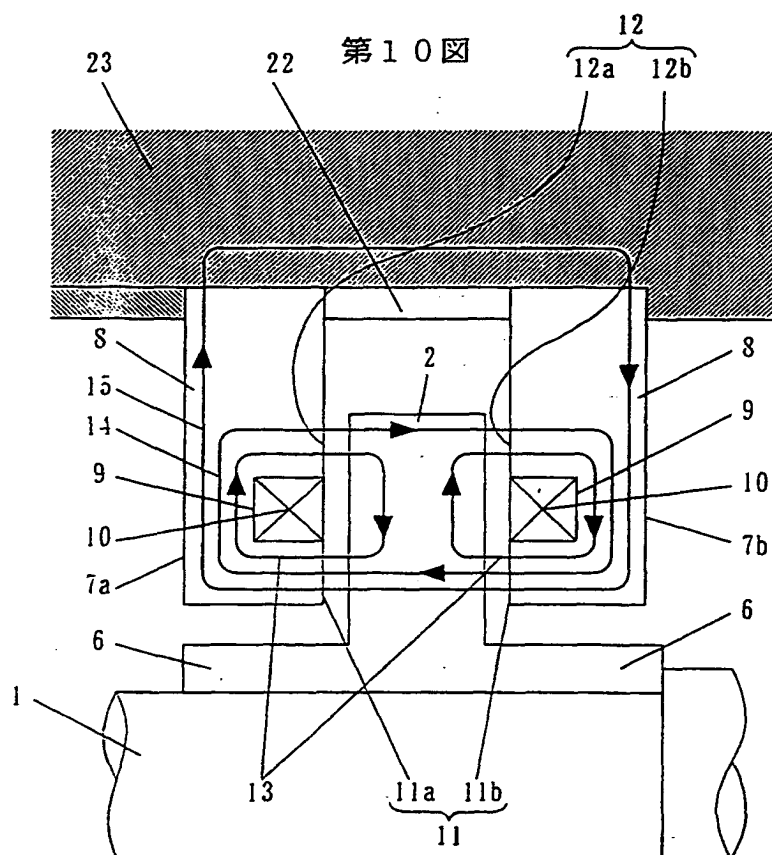


8/10

第9図



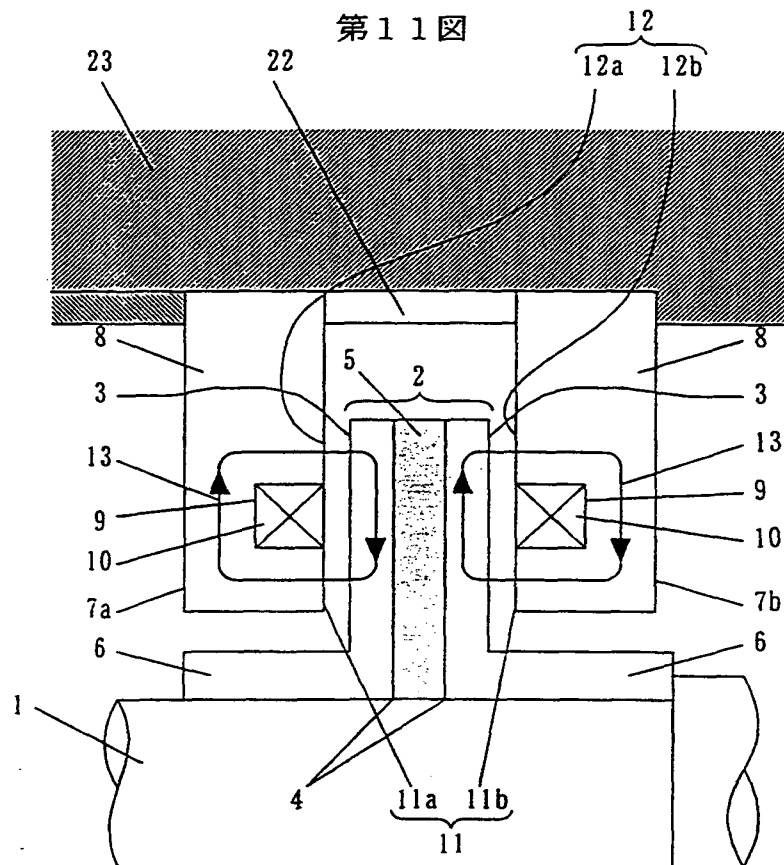
第10図





9/10

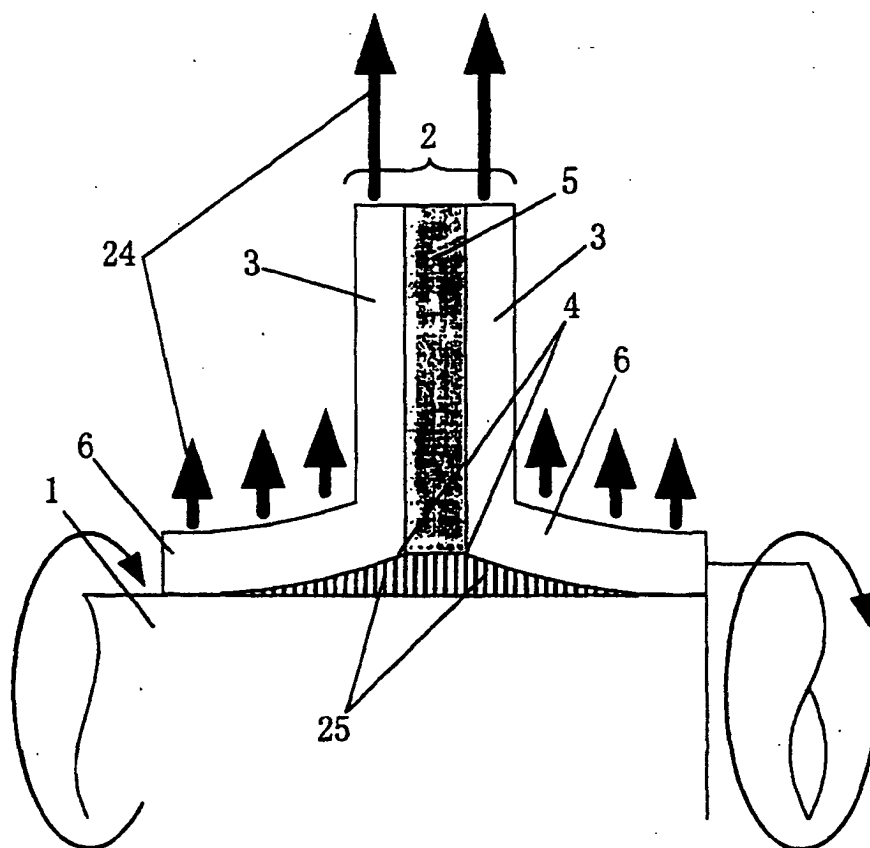
第11図





10 / 10

第12図





# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP99/05362

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
Int.Cl<sup>7</sup> F16C32/04 H02K7/09

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> F16C32/04

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched  
Jitsuyo Shinan Koho 1926-1996 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-1998  
Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-1999 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-1999

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP, 5-71533, A (Toshiba Corporation), 23 March, 1993 (23.03.93), Fig. 1 (Family: none)	1, 3
A	JP, 5-122896, A (Toshiba Corporation), 18 May, 1993 (18.05.93), Fig. 1 (Family: none)	1-3

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search  
17 December, 1999 (17.12.99)

Date of mailing of the international search report  
28 December, 1999 (28.12.99)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.





## 国際調査報告

国際出願番号 PCT/JP99/05362

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))  
Int. CL<sup>7</sup> F16C32/04 H02K7/09

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))  
Int. CL<sup>7</sup> F16C32/04

## 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-1996年、日本国公開実用新案公報 1971-1998年  
日本国登録実用新案公報 1994-1999年、日本国実用新案登録公報 1996-1999年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	J P、5-71533, A (株式会社東芝)、23.3月.1993 (23.03.93) 第1図 (ファミリーなし)	1、3
A	J P、5-122896, A (株式会社東芝)、18.5月.1993 (18.05.93) 第1図 (ファミリーなし)	1-3

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

## の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日  
17.12.99

国際調査報告の発送日

28.12.99

国際調査機関の名称及びあて先  
日本国特許庁 (ISA/JP)  
郵便番号100-8915  
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)  
藤村聖子

印

3W 9425

電話番号 03-3581-1101 内線 3328



1

2

3

4

4T

特 許 協 力 条 約

PCT

国際予備審査報告

(法第12条、法施行規則第56条)  
[PCT36条及びPCT規則70]

REC'D 10 SEP 2001

WIPO

PCT

出願人又は代理人 の書類記号 519237W001	今後の手続きについては、国際予備審査報告の送付通知(様式PCT/ IPEA/416)を参照すること。	
国際出願番号 PCT/J P 99/05362	国際出願日 (日.月.年) 30.09.99	優先日 (日.月.年)
国際特許分類 (IPC) Int. Cl <sup>1</sup> F16C32/04, H02K7/09		
出願人 (氏名又は名称) 三菱電機株式会社		

1. 国際予備審査機関が作成したこの国際予備審査報告を法施行規則第57条 (PCT36条) の規定に従い送付する。
2. この国際予備審査報告は、この表紙を含めて全部で 3 ページからなる。
- ☒ この国際予備審査報告には、附属書類、つまり補正されて、この報告の基礎とされた及び/又はこの国際予備審査機関に対してした訂正を含む明細書、請求の範囲及び/又は図面も添付されている。  
(PCT規則70.16及びPCT実施細則第607号参照)  
この附属書類は、全部で 14 ページである。
3. この国際予備審査報告は、次の内容を含む。
- I ☒ 国際予備審査報告の基礎
- II ☐ 優先権
- III ☐ 新規性、進歩性又は産業上の利用可能性についての国際予備審査報告の不作成
- IV ☐ 発明の単一性の欠如
- V ☒ PCT35条(2)に規定する新規性、進歩性又は産業上の利用可能性についての見解、それを裏付けるための文献及び説明
- VI ☐ ある種の引用文献
- VII ☐ 国際出願の不備
- VIII ☐ 国際出願に対する意見

国際予備審査の請求書を受理した日 24.11.00	国際予備審査報告を作成した日 21.08.01	
名称及びあて先 日本国特許庁 (IPEA/J P) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	特許庁審査官 (権限のある職員) 藤村聖子 電話番号 03-3581-1101 内線 3366	3 W 9425

様式PCT/IPEA/409 (表紙) (1998年7月)



## I. 国際予備審査報告の基礎

1. この国際予備審査報告は下記の出願書類に基づいて作成された。(法第6条(PCT 14条)の規定に基づく命令に  
応答するために提出された差し替え用紙は、この報告書において「出願時」とし、本報告書には添付しない。  
PCT規則70.16, 70.17)

☐ 出願時の国際出願書類

☒ 明細書 第 1-5, 9-10, 13-19 ページ、 出願時に提出されたもの  
明細書 第 ページ、 国際予備審査の請求書と共に提出されたもの  
明細書 第 6-8, 11-12, 20-22 ページ、 30.11.00 付の書簡と共に提出されたもの

☒ 請求の範囲 第 項、 出願時に提出されたもの  
請求の範囲 第 項、 PCT 19条の規定に基づき補正されたもの  
請求の範囲 第 項、 国際予備審査の請求書と共に提出されたもの  
請求の範囲 第 1-8 項、 30.11.00 付の書簡と共に提出されたもの

☒ 図面 第 1-12 ページ/図、 出願時に提出されたもの  
図面 第 ページ/図、 国際予備審査の請求書と共に提出されたもの  
図面 第 ページ/図、 付の書簡と共に提出されたもの

☐ 明細書の配列表の部分 第 ページ、 出願時に提出されたもの  
明細書の配列表の部分 第 ページ、 国際予備審査の請求書と共に提出されたもの  
明細書の配列表の部分 第 ページ、 付の書簡と共に提出されたもの

2. 上記の出願書類の言語は、下記に示す場合を除くほか、この国際出願の言語である。

上記の書類は、下記の言語である \_\_\_\_\_ 語である。

- ☐ 国際調査のために提出されたPCT規則23.1(b)にいう翻訳文の言語  
☐ PCT規則48.3(b)にいう国際公開の言語  
☐ 国際予備審査のために提出されたPCT規則55.2または55.3にいう翻訳文の言語

3. この国際出願は、ヌクレオチド又はアミノ酸配列を含んでおり、次の配列表に基づき国際予備審査報告を行った。

- ☐ この国際出願に含まれる書面による配列表  
☐ この国際出願と共に提出されたフレキシブルディスクによる配列表  
☐ 出願後に、この国際予備審査(または調査)機関に提出された書面による配列表  
☐ 出願後に、この国際予備審査(または調査)機関に提出されたフレキシブルディスクによる配列表  
☐ 出願後に提出した書面による配列表が出願時における国際出願の開示の範囲を超える事項を含まない旨の陳述書の提出があった  
☐ 書面による配列表に記載した配列とフレキシブルディスクによる配列表に記載した配列が同一である旨の陳述書の提出があった。

4. 補正により、下記の書類が削除された。

☐ 明細書 第 \_\_\_\_\_ ページ  
☐ 請求の範囲 第 \_\_\_\_\_ 項  
☐ 図面 図面の第 \_\_\_\_\_ ページ/図

5. ☐ この国際予備審査報告は、補充欄に示したように、補正が出願時における開示の範囲を越えてされたものと認められるので、その補正がされなかったものとして作成した。(PCT規則70.2(c) この補正を含む差し替え用紙は上記1.における判断の際に考慮しなければならない、本報告に添付する。)



V. 新規性、進歩性又は産業上の利用可能性についての法第12条（PCT35条(2)）に定める見解、それを裏付ける文献及び説明

1. 見解

新規性 (N)	請求の範囲	1-8	有
	請求の範囲		無
進歩性 (IS)	請求の範囲	1-8	有
	請求の範囲		無
産業上の利用可能性 (IA)	請求の範囲	1-8	有
	請求の範囲		無

2. 文献及び説明 (PCT規則70.7)

請求の範囲1-8に記載された発明は、国際調査報告書に引用されたいずれの文献にも記載されておらず、かつ当業者にとって自明のものでもない。





定子を、前記回転ディスクの両側に適当な微小間隔を介して位置するようケーシングに固定し、回転軸の軸方向変位を測定する変位センサの出力信号を基に、前記回転ディスクと電磁石固定子の間に磁気吸引力を作用させ、前記回転軸を電磁石固定子と離隔した目標位置に非接触で支承するスラスト磁気軸受装置において、前記回転ディスクの軸方向の中央付近に、該回転ディスクの外周部から前記回転軸方向に延びる、磁気抵抗の大きい空気層を形成するための深溝を設け、該深溝の底部を前記電磁石固定子の内側磁極歯より前記回転軸側に位置させたものである。

また本発明は、前記深溝を前記回転ディスクの全外周にわたって形成したものである。

また本発明は、前記回転ディスクの軸方向の中央付近に、該回転ディスクの外周部から前記回転軸に至る、磁気抵抗の大きい空気層を形成するための扇形状をなす貫通孔を設け、この貫通孔の軸方向両側に位置する回転ディスク片の壁を軸方向に貫通孔を有しない実壁としたものである。

そしてこれらの構成により、2つのそれぞれの電磁石固定子により形成される磁気回路の磁氣的干渉が緩和される。その結果、一方の電磁石固定子から回転ディスクを介して他方の電磁石固定子に至り、且つ他方の電磁石固定子から回転ディスクを介して一方の電磁石固定子に至る不正な磁路の形成を軽減できるため、電磁コイルに供給された電気エネルギーが有効に回転軸の位置制御に活用され、制御性能の向上を図ることができる。また、回転ディスクは深溝または貫通孔が施されていない部分において一体連結されているため、高速回転時に回転ディスクの最大外径を有する内径の回転軸方向位置において、遠心力による最大応力が発生しても応力緩和されるため、回転軸と回転ディスクの固着は確実に保持される。



さらに、深溝または貫通孔の形成により回転ディスクの質量低減が図れ、且つ固着部品点数も削減できるため、結果的にロータの固有振動数を

5

10

15

20

25



高くすることができる。

5 また本発明は、前記電磁石固定子の内側磁極歯・外側磁極歯と対向しない位置に存在する前記回転ディスクの表面と該表面に対向する電磁石固定子の表面との間の距離を、前記電磁石固定子の内側磁極歯・外側磁極歯と対向する位置に存在する前記回転ディスクの表面と該表面に対向する電磁石固定子の表面との間の距離より大きく形成したものである。

10 この結果、電磁石固定子の内側磁極歯、及び外側磁極歯と対向しない回転ディスクの表面から回転ディスクの内部に入り込む磁束、及び漏洩磁束が軽減され、電磁石固定子の内側磁極歯と外側磁極歯の磁束密度を高めることができる。従って、電磁コイルに供給された電気エネルギーを有効に回転軸の位置制御に利用することができる。

15 また本発明は、前記電磁石固定子の外周部に、半径方向の磁気抵抗を大きくするのに十分なスリットを、数箇所設けたものであるため、2つのそれぞれの電磁石固定子により形成される磁気回路の磁氣的干渉が軽減される。その結果、一方の電磁石固定子からケーシングまたはカラーを介して他方の電磁石固定子に至り、且つ他方の電磁石固定子から回転ディスクを介して一方の電磁石固定子に至る不正な磁路の形成を軽減できるため、電磁コイルに供給された電気エネルギーが有効に回転軸の位置制御に活用され、制御性能の向上を図ることができる。

20 また本発明は、前記電磁石固定子の外側磁極歯の前記回転ディスクと対向しない部分に、該回転ディスクが位置する側から軸方向に磁気抵抗の大きい空気層を形成するための外周溝を設けたものであるため、2つの電磁石固定子により形成される磁気回路の磁氣的干渉が軽減され、且つ  
25 電磁石固定子の内側磁極歯と外側磁極歯の磁束密度を高めることができる。その結果、一方の電磁石固定子からケーシングまたはカラーを介して他方の電磁石固定子に至り、且つ他方の電磁石固定子から回転ディス



クを介して一方の電磁石固定子に至る不正な磁路の形成を軽減できるため、電磁コイルに供給された電気エネルギーが有効に回転軸の位置制御に活用され、制御性能の向上を図ることができる。

5 また本発明は、前記電磁石固定子の外径を前記回転ディスクの外径と同程度寸法に形成し、且つ前記電磁石固定子の外周部と電磁石固定子が取付けられるケーシングの内周部との間に、磁気抵抗の大きい層を形成するために十分な半径方向厚みを有する非磁性材からなるリングを介在させたものであるため、2つのそれぞれの電磁石固定子により形成される磁気回路が磁氣的に完全に絶縁され、且つ電磁石固定子の内側磁極歯  
10 と外側磁極歯の磁束密度を高めることができる。その結果、一方の電磁石固定子からケーシングまたはカラーを介して他方の電磁石固定子に至り、且つ他方の電磁石固定子から回転ディスクを介して一方の電磁石固定子に至る不正な磁路の形成をより確実に防止できるため、電磁コイルに供給された電気エネルギーが有効に回転軸の位置制御に活用され、制  
15 御性能の向上を図ることができる。

更にまた、本発明は、前記一对の電磁石固定子の間に、両電磁石固定子の相対取付位置決めをする非磁性材からなるカラーを設けたものであるため、2つのそれぞれの電磁石固定子により形成される磁気回路が磁氣的に絶縁される。その結果、一方の電磁石固定子からカラーを介して  
20 他方の電磁石固定子に至り、且つ他方の電磁石固定子から回転ディスクを介して一方の電磁石固定子に至る不正な磁路の形成をより確実に防止できるため、電磁コイルに供給された電気エネルギーが有効に回転軸の位置制御に活用され、制御性能の向上を図ることができる。

## 25 図面の簡単な説明

第1図は本発明に係るスラスト磁気軸受装置における実施の形態1





成されている。即ち、深溝 16 は、その底部が電磁石固定子 7 a、7 b の内側磁極歯 11 より回転軸 1 側に位置されている。この深溝 16 により形成される空気層は十分に大きな磁気抵抗を有するように軸方向にある適当な幅をもって構成されているため、電磁石固定子 7 a と回転ディスク 2 により形成される磁気回路 13、及び電磁石固定子 7 b と回転ディスク 2 により形成される磁気回路 13 が磁氣的に絶縁されている。その結果、部品点数を増加させることなく、第 9 図で 14 で示す不正な磁路の形成を軽減でき、各電磁石固定子 7 a、7 b 毎に磁路を独立させるため、電磁コイル 10 に供給された電気エネルギーを有効に回転軸 1 の位置制御に利用することができる。

また、2 つの回転ディスク片 3 は深溝 16 の底部において一体連結されているため、高速回転時に回転ディスク 2 の最大外径を有する角部 4 の回転軸方向位置において、遠心力による最大応力が発生しても応力緩和されるため、回転軸 1 と回転ディスク 2 の固着は常に保持される。

さらに、深溝 16 の形成により回転ディスク 2 の質量低減が図れ、且つ固着部品点数も削減できるため、高速回転時に問題となるロータの固有振動数を高くすることができて、ロータの設計を容易にすることができる。

更にまた、深溝 16 は、旋盤等を用いて簡単に形成できるため作業性がよい。

実施の形態 2.

第 2 図 (a) は本発明によるスラスト磁気軸受装置の実施の形態 2 を示す断面図、第 2 図 (b) は第 2 図 (a) の X-X 線断面図である。なお、この実施の形態 2 は上記実施の形態 1 の回転ディスク 2 の構造を変更している。

即ち、本実施の形態 2 では第 2 図に示すように、回転ディスク 2 は両



1

側に回転軸 1 と固着させるためのスリーブ 6 を有しており、該回転ディスク 2 の軸方向の中央付近に、該回転ディスク 2 の外周部から回転軸 1

5

10

15

20

25



の外周部に至る扇形状をなすスリット状の貫通孔 17 が数箇所施されている。なお、この貫通孔 17 の形成位置は、回転ディスク 2 が高速回転した時、アンバランスとならない位置である。また、このスリット状の貫通孔 17 により形成される空気層は、十分に大きな磁気抵抗を有する  
5 ようにある適当な径をもって構成されている。また、第 2 図 (b) において、17 a はスリット状の貫通孔 17 が施されていない部分 17 a で、回転ディスク片 3、3 間を接続する役目をするものである。なお、その他の構成は実施の形態 1 と同様であるの説明を省略する。

電磁コイル 10 に流れる電流の極性の選択により、例えば、第 2 図に  
10 示すように電磁石固定子 7 と該回転ディスク 2 の間に 2 つの磁気回路 13 が形成される。回転軸 1 の位置制御の手段については実施の形態 1 と同様である。

そして、本発明の特徴部分として、回転軸 1 に固着されている前記回転ディスク 2 の軸方向の中央付近に、回転ディスク 2 の外径部の数箇所  
15 より、スリット状の貫通孔 17 が施されている。このスリット状の貫通孔 17 により形成される空気層は十分に大きな磁気抵抗を有するようにある適当な径をもって構成されているため、電磁石固定子 7 a と回転ディスク 2 により形成される磁気回路、および電磁石固定子 7 b と回転ディスク 2 により形成される磁気回路の磁氣的干渉が緩和されている。そ  
20 の結果、部品点数を増加させることなく、第 9 図で 14 で示す不正な磁路の形成を軽減でき、各電磁石固定子 7 a、7 b 毎に磁路を独立させるため、電磁コイル 10 に供給された電気エネルギーを有効に回転軸 1 の位置制御に利用することができる。

また、回転ディスク 2 の最大外径部位置の付根部は、スリット状の貫通  
25 孔 17 が施されていない部分 17 a において一体であるため、高速回転時に回転ディスク 2 の最大外径を有する角部 4 の回転軸方向位置において、



で示す何れのものにも組合せることができる。

また、本発明は上記各実施の形態に限定されるものではなく、その他種々の変形例を含むものである。例えば、実施の形態2において、必ずしも貫通孔でなくてもよく、回転軸1の外周部まで達しない、電磁石固定子7の内側磁極歯11の内径より深い深溝であっても所期の目的を達成できる。

以上説明したように、本発明におけるスラスト磁気軸受装置の構造によれば、回転ディスクの軸方向の中央付近に、該回転ディスクの外周部から前記回転軸方向に延びる、磁気抵抗の大きい空気層を形成するための深溝または貫通孔を設けたので、深溝または貫通孔の効果により、2つのそれぞれの電磁石固定子により形成される磁気回路が磁氣的に絶縁される。その結果、不正な磁路の形成を軽減できるため、電磁コイルに供給された電気エネルギーが有効に回転軸の位置制御に活用され、制御性能の向上を図ることができる。また、回転ディスクは深溝の底部、貫通孔が施されていない部分において一体連結されているため、高速回転時に回転ディスクの最大外径を有する内径の回転軸方向位置において、遠心力による最大応力が発生しても応力緩和されるため、回転軸と回転ディスクの固着は確実に保持される。

さらに、深溝または貫通孔の形成により回転ディスクの質量低減が図





れ、且つ固着部品点数も削減できるため、ロータの固有振動数を高くすることができる。

また本発明によれば、電磁石固定子の内側磁極歯・外側磁極歯と対向しない位置に存在する前記回転ディスクの表面と該表面に対向する電磁石固定子の表面との間の距離を、前記電磁石固定子の内側磁極歯・外側磁極歯と対向する位置に存在する前記回転ディスクの表面と該表面に対向する電磁石固定子の表面との間の距離より大きく形成したので、電磁石固定子の内側磁極歯、及び外側磁極歯と対向しない回転ディスクの表面から回転ディスクの内部に入り込む磁束、及び雰囲気中へ逃げる漏洩磁束が軽減され、電磁石固定子の内側磁極歯と外側磁極歯の磁束密度を高めることができる。従って、電磁コイルに供給された電気エネルギーを有効に回転軸の位置制御に利用することができる。

また本発明によれば、電磁石固定子の外周部に、半径方向の磁気抵抗を大きくするのに十分なスリットを、数箇所設けたので、2つのそれぞれの電磁石固定子により形成される磁気回路の磁氣的干渉が軽減される。その結果、不正な磁路の形成を軽減できるため、電磁コイルに供給された電気エネルギーが有効に回転軸の位置制御に活用され、制御性能の向上を図ることができる。

また本発明によれば、電磁石固定子の外側磁極歯の前記回転ディスクと対向しない部分に、該回転ディスクが位置する側から軸方向に磁気抵抗の大きい空気層を形成するための外周溝を設けたので、2つの電磁石固定子により形成される磁気回路の磁氣的干渉が軽減され、且つ電磁石固定子の内側磁極歯と外側磁極歯の磁束密度を高めることができる。その結果、不正な磁路の形成を軽減できるため、電磁コイルに供給された電気エネルギーが有効に回転軸の位置制御に活用され、制御性能の向上を図ることができる。



また本発明によれば、電磁石固定子の外径を前記回転ディスクの外径と同程度寸法に形成し、且つ前記電磁石固定子の外周部と電磁石固定子が取付けられるケーシングの内周部との間に、磁気抵抗の大きい層を形成するために十分な半径方向厚みを有する非磁性材からなるリングを介在させたので、2つのそれぞれの電磁石固定子により形成される磁気回路が磁氣的に完全に絶縁され、且つ電磁石固定子の内側磁極歯と外側磁極歯の磁束密度を高めることができる。その結果、一方の電磁石固定子からケーシングまたはカラーを介して他方の電磁石固定子に至り、且つ他方の電磁石固定子から回転ディスクを介して一方の電磁石固定子に至る不正な磁路の形成をより確実に防止できるため、電磁コイルに供給された電気エネルギーが有効に回転軸の位置制御に活用され、制御性能の向上を図ることができる。

更にまた、本発明によれば、一对の電磁石固定子の間に、両電磁石固定子の相対取付位置決めをする非磁性材からなるカラーを設けたので、2つのそれぞれの電磁石固定子により形成される磁気回路が磁氣的に絶縁される。その結果、一方の電磁石固定子からカラーを介して他方の電磁石固定子に至り、且つ他方の電磁石固定子から回転ディスクを介して一方の電磁石固定子に至る不正な磁路の形成をより確実に防止できるため、電磁コイルに供給された電気エネルギーが有効に回転軸の位置制御に活用され、制御性能の向上を図ることができる。

#### 産業上の利用可能性

以上のように、本発明にかかるスラスト磁気軸受装置は、発電機や電動機などの回転機器の、特に高速回転する回転軸の支承において用いられるのに適している。



## 請 求 の 範 囲

1. (補正後) 回転軸に磁性材からなる回転ディスクを固着するとともに、  
5 コイルスロットの中に起磁力を発生させるリング状の電磁コイルを  
挿入した一対の電磁石固定子を、前記回転ディスクの両側に適当な微小  
間隔を介して位置するようケーシングに固定し、回転軸の軸方向変位を  
測定する変位センサの出力信号を基に、前記回転ディスクと電磁石固定  
子の間に磁気吸引力を作用させ、前記回転軸を電磁石固定子と離隔した  
10 目標位置に非接触で支承するスラスト磁気軸受装置において、前記回転  
ディスクの軸方向の中央付近に、該回転ディスクの外周部から前記回転  
軸方向に延びる、磁気抵抗の大きい空気層を形成するための深溝を設け、  
該深溝の底部を前記電磁石固定子の内側磁極歯より前記回転軸側に位置  
させたことを特徴とするスラスト磁気軸受装置。
- 15 2. (補正後) 前記深溝は、前記回転ディスクの全外周にわたって形成  
されていることを特徴とする請求の範囲 1 に記載のスラスト磁気軸受装  
置。
3. (補正後) 回転軸に磁性材からなる回転ディスクを固着するとともに、  
20 コイルスロットの中に起磁力を発生させるリング状の電磁コイルを  
挿入した一対の電磁石固定子を、前記回転ディスクの両側に適当な微小  
間隔を介して位置するようケーシングに固定し、回転軸の軸方向変位を  
測定する変位センサの出力信号を基に、前記回転ディスクと電磁石固定  
子の間に磁気吸引力を作用させ、前記回転軸を電磁石固定子と離隔した  
25 目標位置に非接触で支承するスラスト磁気軸受装置において、前記回転  
ディスクの軸方向の中央付近に、該回転ディスクの外周部から前記回転  
軸に至る、磁気抵抗の大きい空気層を形成するための扇形状をなす貫通



孔を設け、この貫通孔の軸方向両側に位置する回転ディスク片の壁を軸方向に貫通孔を有しない実壁としたことを特徴とするスラスト磁気軸受装置。

4. (補正後) 回転軸に磁性材からなる回転ディスクを固着するとともに、
- 5 に、コイルスロットの中に起磁力を発生させるリング状の電磁コイルを挿入した一対の電磁石固定子を、前記回転ディスクの両側に適当な微小間隔を介して位置するようケーシングに固定し、回転軸の軸方向変位を測定する変位センサの出力信号を基に、前記回転ディスクと電磁石固定子の間に磁気吸引力を作用させ、前記回転軸を電磁石固定子と離隔した
- 10 目標位置に非接触で支承するスラスト磁気軸受装置において、前記電磁石固定子の内側磁極歯・外側磁極歯と対向しない位置に存在する前記回転ディスクの表面と該表面に対向する電磁石固定子の表面との間の距離を、前記電磁石固定子の内側磁極歯・外側磁極歯と対向する位置に存在する前記回転ディスクの表面と該表面に対向する電磁石固定子の表面と
- 15 の間の距離より大きく形成したことを特徴とするスラスト磁気軸受装置。
5. (補正後) 回転軸に磁性材からなる回転ディスクを固着するとともに、コイルスロットの中に起磁力を発生させるリング状の電磁コイルを挿入した一対の電磁石固定子を、前記回転ディスクの両側に適当な微小間隔を介して位置するようケーシングに固定し、回転軸の軸方向変位を
- 20 測定する変位センサの出力信号を基に、前記回転ディスクと電磁石固定子の間に磁気吸引力を作用させ、前記回転軸を電磁石固定子と離隔した目標位置に非接触で支承するスラスト磁気軸受装置において、前記電磁石固定子の外周部に、半径方向の磁気抵抗を大きくするの





に十分なスリットを、数箇所設けたことを特徴とするスラスト磁気軸受装置。

5 6. (補正後) 回転軸に磁性材からなる回転ディスクを固着するとともに、コイルスロットの中に起磁力を発生させるリング状の電磁コイルを挿入した一対の電磁石固定子を、前記回転ディスクの両側に適当な微小間隔を介して位置するようケーシングに固定し、回転軸の軸方向変位を測定する変位センサの出力信号を基に、前記回転ディスクと電磁石固定子の間に磁気吸引力を作用させ、前記回転軸を電磁石固定子と離隔した目標位置に非接触で支承するスラスト磁気軸受装置において、前記電磁石固定子の外側磁極歯の前記回転ディスクと対向しない部分に、該回転ディスクが位置する側から軸方向に磁気抵抗の大きい空気層を形成するための外周溝を設けたことを特徴とするスラスト磁気軸受装置。

15 7. (補正後) 回転軸に磁性材からなる回転ディスクを固着するとともに、コイルスロットの中に起磁力を発生させるリング状の電磁コイルを挿入した一対の電磁石固定子を、前記回転ディスクの両側に適当な微小間隔を介して位置するようケーシングに固定し、回転軸の軸方向変位を測定する変位センサの出力信号を基に、前記回転ディスクと電磁石固定子の間に磁気吸引力を作用させ、前記回転軸を電磁石固定子と離隔した目標位置に非接触で支承するスラスト磁気軸受装置において、前記電磁石固定子の外径を前記回転ディスクの外径と同程度寸法に形成し、且つ前記電磁石固定子の外周部と電磁石固定子が取付けられるケーシングの内周部との間に、磁気抵抗の大きい層を形成するために十分な半径方向厚みを有する非磁性材からなるリングを介在させたことを特徴とするスラスト磁気軸受装置。

25 8. (補正後) 回転軸に磁性材からなる回転ディスクを固着するとともに、コイルスロットの中に起磁力を発生させるリング状の電磁コイル



を挿入した一对の電磁石固定子を、前記回転ディスクの両側に適当な微小間隔を介して位置するようケーシングに固定し、回転軸の軸方向変位を測定する変位センサの出力信号を基に、前記回転ディスクと電磁石固定子の間に磁気吸引力を作用させ、前記回転軸を電磁石固定子と離隔した目標位置に非接触で支承するスラスト磁気軸受装置において、前記一对の電磁石固定子の間に、両電磁石固定子の相対取付位置決めをする非磁性材からなるカラーを設けたことを特徴するスラスト磁気軸受装置。

5

10

15

20

25



EP



PCT

## 国際調査報告

(法8条、法施行規則第40、41条)  
[PCT18条、PCT規則43、44]

出願人又は代理人 の書類記号 51923WO01	今後の手続きについては、国際調査報告の送付通知様式(PCT/ISA/220) 及び下記5を参照すること。	
国際出願番号 PCT/JP99/05362	国際出願日 (日.月.年) 30.09.99	優先日 (日.月.年)
出願人 (氏名又は名称) 三菱電機株式会社		

国際調査機関が作成したこの国際調査報告を法施行規則第41条(PCT18条)の規定に従い出願人に送付する。  
この写しは国際事務局にも送付される。

この国際調査報告は、全部で 2 ページである。

☐ この調査報告に引用された先行技術文献の写しも添付されている。

## 1. 国際調査報告の基礎

a. 言語は、下記に示す場合を除くほか、この国際出願がされたものに基づき国際調査を行った。

☐ この国際調査機関に提出された国際出願の翻訳文に基づき国際調査を行った。

b. この国際出願は、ヌクレオチド又はアミノ酸配列を含んでおり、次の配列表に基づき国際調査を行った。

☐ この国際出願に含まれる書面による配列表

☐ この国際出願と共に提出されたフレキシブルディスクによる配列表

☐ 出願後に、この国際調査機関に提出された書面による配列表

☐ 出願後に、この国際調査機関に提出されたフレキシブルディスクによる配列表

☐ 出願後に提出した書面による配列表が出願時における国際出願の開示の範囲を超える事項を含まない旨の陳述書の提出があった。

☐ 書面による配列表に記載した配列とフレキシブルディスクによる配列表に記載した配列が同一である旨の陳述書の提出があった。

2. ☐ 請求の範囲の一部の調査ができない(第I欄参照)。

3. ☐ 発明の単一性が欠如している(第II欄参照)。

4. 発明の名称は ☒ 出願人が提出したものを承認する。

☐ 次に示すように国際調査機関が作成した。

5. 要約は ☒ 出願人が提出したものを承認する。

☐ 第III欄に示されているように、法施行規則第47条(PCT規則38.2(b))の規定により国際調査機関が作成した。出願人は、この国際調査報告の発送の日から1カ月以内にこの国際調査機関に意見を提出することができる。

6. 要約書とともに公表される図は、

第 1 図とする。 ☒ 出願人が示したとおりである。

☐ なし

☐ 出願人は図を示さなかった。

☐ 本図は発明の特徴を一層よく表している。



A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))  
Int. CL<sup>7</sup> F16C32/04 H02K7/09

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))  
Int. CL<sup>7</sup> F16C32/04

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-1996年、日本国公開実用新案公報 1971-1998年  
日本国登録実用新案公報 1994-1999年、日本国実用新案登録公報 1996-1999年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	JP、5-71533、A (株式会社東芝)、23.3月.1993 (23.03.93) 第1図 (ファミリーなし)	1、3
A	JP、5-122896、A (株式会社東芝)、18.5月.1993 (18.05.93) 第1図 (ファミリーなし)	1-3

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

\* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献  
「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

17.12.99

国際調査報告の発送日

28.12.99

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)  
郵便番号100-8915  
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

藤村聖子

3W 9425

電話番号 03-3581-1101 内線 3328





(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-122896

(43)公開日 平成5年(1993)5月18日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>

H 0 2 K 7/09

F 1 6 C 32/04

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

6821-5H

A 8613-3 J

審査請求 未請求 請求項の数 1(全 4 頁)

(21)出願番号 特願平3-283382

(22)出願日 平成3年(1991)10月30日

(71)出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72)発明者 神崎 英俊

三重県三重郡朝日町大字繩生2121番地 株

式会社東芝三重工場内

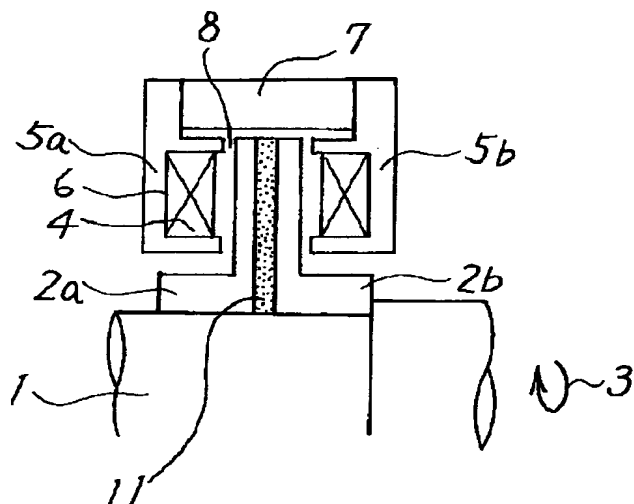
(74)代理人 弁理士 則近 憲佑

(54)【発明の名称】 スラスト磁気軸受装置

(57)【要約】 (修正有)

【目的】 スラスト円盤の位置制御に寄与しない磁気回路が形成されないような構造を有したスラスト磁気軸受装置を提供する。

【構成】 スペーサ7を介して対抗して配置された電磁石を形成するコイル支え5a、5bからの電磁力により吸引される磁性材の円盤2a、2bが、非磁性材の円盤11を層状にはさんで左右それぞれのコイル支え5a、5bに対抗して、回転軸1に嵌着固定された構成になっている。それぞれのコイル支え5a、5bと円盤11の間で独立した磁気回路が形成されるため、コイル4に印加される直流電圧の極性の如何に拘らず、供給された電気エネルギーは有効に回転軸1の位置制御に利用できる。





## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 回転軸に嵌着された磁性材からなる円盤を適当なクリアランスを有して、この円盤の両側から一対の電磁石で挟み込んだスラスト形の磁気軸受において、前記円盤の厚さ方向の中央に、磁気抵抗の大きな層を設けるようにしたことを特徴とするスラスト磁気軸受装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、スラスト磁気軸受装置 10 に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 スラスト磁気軸受の従来例を図3を用いて説明する。1は回転軸で、磁性材からなるスラスト円盤2がこの回転軸に嵌着固定されている。3は回転軸1の回転の状態を示したものである。4は被覆銅線を回転軸1を中心としてドーナツ上に適当な回数だけ巻いて形成したコイルである。5はこのコイル4を固定するコイル支えであり、コイル4はコイル支え5の回転軸対象に形成された溝6に納められている。

【0003】 このコイル支え5は2個で一組であり、前記スラスト円盤2の左右両面に適当なクリアランス8を \*

$$\Phi_1 = E / \left[ \left\{ l_1 / (\mu_0 \mu_s S_s) \right\} + \left\{ l_1 / (\mu_0 \mu_s S_s) \right\} + \left\{ 2 l_g / (\mu_0 \mu_s S_s) \right\} \right] \quad \dots (1)$$

E：起磁力

$l_1$ ：コイル支え5内の磁気回路長さ

$l_1$ ：スラスト円盤2内の磁気回路長さ

$l_g$ ：左側ギャップの長さ

$S_s$ ：コイル支え5内の磁気回路断面積

$S_s$ ：ギャップ磁気回路断面積

※  $\mu_0$ ：空気の透磁率

$\mu_s$ ：コイル支え5に用いている材料の比透磁率

$\mu_s$ ：スラスト円盤2に用いている材料の比透磁率

$\mu_s$ ：ギャップ部に存在する気体の比透磁率

30 右側のマグネットによるスラスト円盤内の磁束 $\Phi_2$ は、

$$\Phi_2 = E / \left[ \left\{ l_1 / (\mu_0 \mu_s S_s) \right\} + \left\{ l_1 / (\mu_0 \mu_s S_s) \right\} + \left\{ 2 l_g / (\mu_0 \mu_s S_s) \right\} \right] \quad \dots (2)$$

$l_g$ ：右側ギャップの長さ

で表され、結果として左側の磁気回路と右側の磁気回路 ★ と  $\Phi_2$  の向きが反対であるため、

$$\begin{aligned} \Phi_T &= \Phi_1 - \Phi_2 \\ &= \left\{ (2E) / (\mu_0 \mu_s S_s) \right\} \\ &\quad \times (l_g - l_g) / \left[ \left\{ R_s + R_s + (2 l_g) / (\mu_0 \mu_s S_s) \right\} \right. \\ &\quad \left. \times \left\{ R_s + R_s + (2 l_g) / (\mu_0 \mu_s S_s) \right\} \right] \quad \dots (3) \end{aligned}$$

ただし、

$$R_s = l_1 / (\mu_0 \mu_s S_s)$$

$$R_s = l_1 / (\mu_0 \mu_s S_s)$$

☆ と、

$$\begin{aligned} \Phi_T &= \Phi_1 + \Phi_2 \\ &= \left\{ (2E) / (\mu_0 \mu_s S_s) \right\} \\ &\quad \times (l_g + l_g) / \left[ \left\{ R_s + R_s + (2 l_g) / (\mu_0 \mu_s S_s) \right\} \right. \\ &\quad \left. \times \left\{ R_s + R_s + (2 l_g) / (\mu_0 \mu_s S_s) \right\} \right] \quad \dots (4) \end{aligned}$$

となり、 $l_g$ 、 $l_g$ が正であることを考慮すると

$$\begin{aligned} \Delta \Phi &= \left\{ 4E / (\mu_0 \mu_s S_s) \right\} \\ &\quad \times (l_g) / \left[ \left\{ R_s + R_s + 50(2 l_g) / (\mu_0 \mu_s S_s) \right\} \right] \end{aligned}$$

\* 持たせるようにスペーサー7を介して、対抗して配置されている。

【0004】 スラスト磁気軸受の作用を能動制御型磁気軸受の例を用いて簡単に説明する。前記コイル4に直流の電圧を印加すると、電磁誘導によりコイル支え5とスラスト円盤2にクリアランス8を介して磁気回路が形成される。従って、スラスト円盤2には、左右両側に取り付けたコイル支え5からそれぞれ電磁力が作用し、回転軸1の軸方向変位検出信号を用いたフィードバック制御等により回転軸1の軸方向位置を非接触で任意に決定することができる。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】 上記に説明した従来のスラスト磁気軸受の構造では、コイル4に印加する直流電圧の極性の選択により、コイル支え5には図4に示すような磁極が形成される。この時、夫々のコイル支え5とスラスト円盤2に形成される二つの磁気回路9とスラスト円盤2を介して対抗するコイル支え5より形成される大きな一つの磁気回路10が存在することになる。ここで、左側のマグネットによるスラスト円盤内の磁束 $\Phi_1$ は、



3

4

$$\times \{ R_a + R_b + (2 l_a) / (\mu_0 \mu_r S_r) \} ] \dots\dots (5)$$

だけ、 $\Phi_r$ が低下する。その結果、

$$F \propto \Phi_r^2$$

$$\dots\dots (6)$$

で表される吸引力Fは低下することになる。なお、このとき形成される大きな磁気回路10はスラスト円盤の吸引力には寄与しない。したがって、このようにコイル4に印加する直流電圧の極性を誤るとスラスト磁気軸受の支持剛性が低下し、回転軸系の振動が増大するという問題があった。

【0006】本発明の目的は、前記の欠点を除去するために、スラスト円盤2の位置制御に寄与しない磁気回路10が形成されないような構造を有したスラスト磁気軸受装置を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明は、スラスト磁気軸受装置において、回転軸に嵌着固定されたスラスト円盤の厚さ方向の中程に、磁気抵抗の大きな層を設けることを特徴とする。

【0008】

【作用】上記手段により、それぞれのコイル支えと円盤の間で独立した磁気回路が形成されるため、コイルに印加される直流電圧の極性の如何に拘らず、供給された電気エネルギーは有効に回転軸の位置制御に利用できる。

【0009】

【実施例】本発明の一実施例を図面を用いて説明する。図1は実施例のスラスト磁気軸受装置の構造断面図、図2は本発明を用いた場合の磁気回路の形成の様子を示したものであり、図3、図4と同一符号で示すものは同一部品である。

【0010】図1において、スペーサ7を介して対抗して配置された電磁石を形成するコイル支え5a、5bからの電磁力により吸引される磁性材の円盤2a、2bが、非磁性材の円盤11を層状にはさんで左右それぞれのコイル支え5a、5bに対抗して、回転軸1に嵌着固定された構成になっている。

【0011】上記実施例に示すような構成によると、コイルに印加される直流電圧の極性により、たとえ図4の様に対抗するコイル支え5の磁極が異なって、その結果スラスト円盤2を貫通するような磁気回路10を形成しようとしても、非磁性鋼でつくられた円盤11の磁気抵抗の作用により磁氣的に絶縁されるため、図2に示すようにコイル支え5aとスラスト円盤2aおよびコイル支え5bとスラスト円盤2bでそれぞれ独立した磁気回路12a、12bが形成される。

【0012】上述した作用により、コイル支え5a、ス

\* ラスト円盤2a、およびコイル支え5b、スラスト円盤2bで構成される左右の電磁石の磁氣的な干渉がなくなるため、式(4)で表される磁束 $\Phi_r$ が確保される。コイル4に印加される直流電圧の極性に注意を払うことなく、供給された電気エネルギーが効率よく回転軸1の位置制御を行う為の電磁力に利用することができる。したがって、配線の誤り等によるスラスト支持剛性の低下に起因した回転軸系の振動増加を未然に防止できる。

(他の実施例)

【0013】上述の実施例では、左右の電磁石の磁氣的な干渉を避けるために電磁力を受けるための磁性材でできた円盤の間に非磁性鋼の円盤をサンドイッチ状にはさんだ構造を用いて説明したが、本発明の特徴は、左右の電磁石の磁氣的な干渉を避けることであるため、磁性材でできた円盤の間に空気層を設けたり、高分子材料などの磁気抵抗の高い材料であれば、種々選択して利用することはもちろんのことである。

【0014】

【発明の効果】以上述べたように本発明によれば、スラスト磁気軸受を構成する一対の電磁石の磁氣的な干渉がなくなるため、電磁石のコイルに印加される直流電圧の極性に注意を払うことなく、供給された電気エネルギーが効率よく回転軸の位置制御の為の電磁力に利用することができる。したがって、配線の誤り等によるスラスト支持剛性の低下に起因した回転軸系の振動増加を未然に防止できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例によるスラスト磁気軸受装置の構造断面図、

【図2】本発明によるスラスト磁気軸受装置の磁気回路形成図、

【図3】従来のスラスト磁気軸受装置の構造断面図、

【図4】従来のスラスト磁気軸受装置の磁気回路形成図。

【符号の説明】

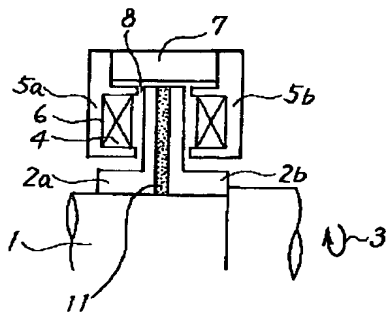
1…回転軸、 2, 2a, 2b…スラスト円盤、 3…回転方向、 4…コイル、 5, 5a, 5b…コイル支え、 6…溝、 7…スペーサ、 8…クリアランス、 9…磁気回路、 10…磁気回路、 11…円盤、 12a, 12b…磁気回路。

30

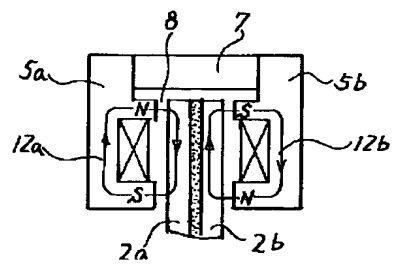
40



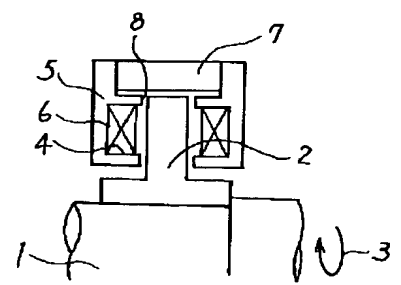
【図1】



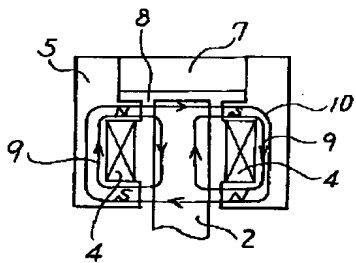
【図2】



【図3】



【図4】





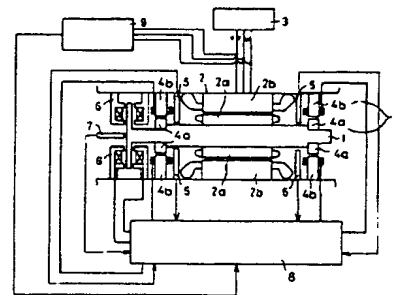


**(54) MAGNETIC BEARING MOUNTING ROTARY ELECTRIC MACHINE**

(11) 5-122895 (A) (43) 18.5.1993 (19) JP  
 (21) Appl. No. 3-282598 (22) 29.10.1991  
 (71) TOSHIBA CORP (72) YUTAKA HASHIBA(2)  
 (51) Int. Cl.<sup>5</sup> H02K7/09, H02K5/167, H02K11/00

**PURPOSE:** To provide a magnetic bearing mounting rotary electric machine capable of bearing a rotary shaft stably and revolving in a rotary electric machine using a magnetic bearing as a bearing element.

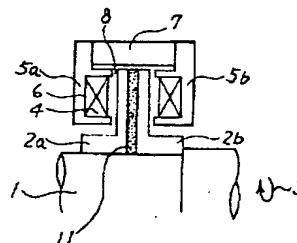
**CONSTITUTION:** A magnetic bearing mounting rotary electric machine is constituted of an inductance measuring device 9 measuring inductance of coils of stators 2b of a motor 2 and a magnetic bearing controller 8 positioning a rotor 4a by adjusting a radial position of the rotor 4a in a magnetic bearing 4 to equalize values of inductance detected by the measuring device 9.

**(54) THRUST MAGNETIC BEARING DEVICE**

(11) 5-122896 (A) (43) 18.5.1993 (19) JP  
 (21) Appl. No. 3-283382 (22) 30.10.1991  
 (71) TOSHIBA CORP (72) HIDETOSHI KANZAKI  
 (51) Int. Cl.<sup>5</sup> H02K7/09, F16C32/04

**PURPOSE:** To provide a thrust magnetic bearing device provided with such a construction that a magnetic circuit not being contributed to the position control of a thrust disc is not formed.

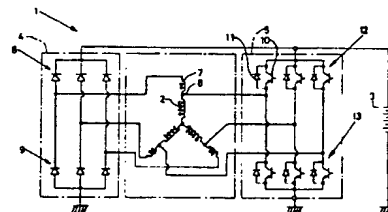
**CONSTITUTION:** Discs 2a and 2b of a magnetic material attracted by electromagnetic force from coil supports 5a and 5b forming electromagnets arranged in opposite directions through a spacer 7 are so constituted that a disc 11 of non-magnetic material is put in a layer-shape between them and that they are fitted and fixed to a rotary shaft 1 in opposition to right and left coil supports 5a and 5b. Independent magnetic circuits are formed between each of the coil supports 5a and 5b and the disc 11, so that electric energy to be supplied can be effectively used for the position control of the rotary shaft 1 irrespective of polarity of DC voltage applied to coils 4.

**(54) CAR DYNAMOTOR**

(11) 5-122898 (A) (43) 18.5.1993 (19) JP  
 (21) Appl. No. 3-281281 (22) 28.10.1991  
 (71) NIPPONDENSO CO LTD (72) ARATA KUSASE  
 (51) Int. Cl.<sup>5</sup> H02K7/10, H02K7/18, H02K19/36

**PURPOSE:** To promote both of driving torque and generating output with simple construction.

**CONSTITUTION:** A car dynamotor is constituted of a three phase armature winding 2, a converter bridge 4 connected between a battery and the winding end 7 of the armature winding 2 and an inverter bridge 5 connected to the converter bridge 4 in parallel and connected between the battery 3 and a tap 6 of the armature winding 2. Before an engine starts, battery current is converted into AC current by the inverter bridge 5 and is supplied to the armature winding 2. At that time, the armature winding 2 is partially used only, so that increased driving torque is generated. After the engine started, the whole armature winding 2 is used, so that generating current outputted to the battery 3 through the converter bridge 4 from the winding end 7 of the armature winding 2 is increased.





(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-71533

(43)公開日 平成5年(1993)3月23日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>

F 1 6 C 32/04

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

Z 8613-3 J

審査請求 未請求 請求項の数1(全 3 頁)

(21)出願番号 特願平3-235229

(22)出願日 平成3年(1991)9月17日

(71)出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72)発明者 神崎 英俊

三重県三重郡朝日町大字繩生2121番地 株

式会社東芝三重工場内

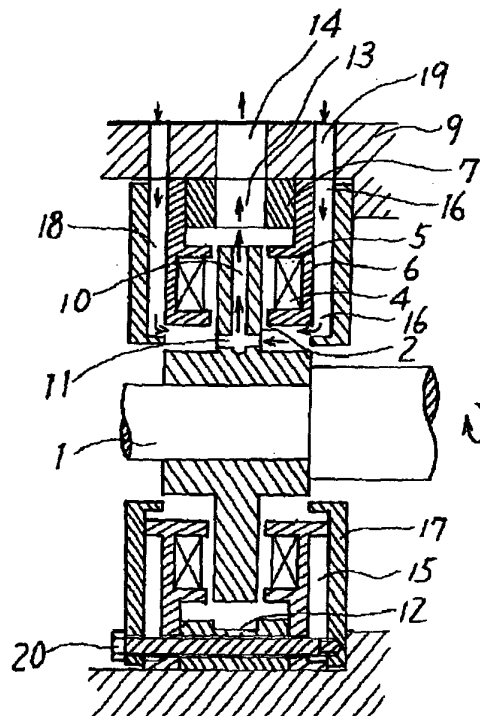
(74)代理人 弁理士 則近 憲佑

(54)【発明の名称】 スラスト磁気軸受装置

(57)【要約】

【構成】 スラスト磁気軸受装置において、回転軸の嵌着固定されたスラスト円盤に半径方向の通風溝を設け、電磁石コイル支えに冷却用の通風路を設けたことを特徴とする。

【効果】 回転軸の回転に伴いスラスト円盤が回転し、そのスラスト円盤に設けた通風溝のファン作用により流体を昇圧することにより、コイル支え背面の流体を循環させることができる。





## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 回転軸の嵌着された磁性材からなる円盤をクリアランスを有して両側から一對の電磁石を挟み込み、この電磁石による電磁力を利用して回転軸を軸方向に駆動できるスラスト形の磁気軸受装置において、前記円盤に設けた通風路のファン作用を利用して、電磁石のコイルを冷却できるようにしたことを特徴とするスラスト磁気軸受装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、自己冷却機能を有したスラスト磁気軸受装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】スラスト磁気軸受の従来例を図5を用いて説明する。1は回転軸で、スラスト円盤2がこの回転軸の嵌着固定されている。3は回転軸の回転の様子を示したものである。4は被覆銅線を回転軸を中心としてドーナツ状に適当な回数だけ巻いて形成したコイルである。5はこのコイル4を固定するコイル支えであり、コイル4はコイル支え5の回転軸対象に形成された溝6に納められている。

【0003】このコイル支え5は、2個で一組であり、前記スラスト円盤2の左右両面に適当なクリアランス8を持たせるようにスペーサ7を介して、対抗して配置されている。これらのコイル支え5とスペーサ7はボルト8で一体化されてフレーム9の内径に取付けられている。

【0004】スラスト磁気軸受の作用を能動制御型磁気軸受の例を用いて簡単に説明する。前記コイル4に直流の電圧を印加すると、電磁誘導によるコイル支え5とスラスト円盤2にそのクリアランスを介して磁気回路が形成される。従って、スラスト円盤2には、左右両側に取付けたコイル支え5からそれぞれ電磁力が作用し、回転軸1の軸方向変位検出信号を用いたフィードバック制御等により回転軸1の軸方向位置を非接触で任意に決定することができる。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】機械の大形化にともない、より大きな支持剛性が必要になり、電磁石コイル4の電流密度を高めることが要求されるが、上記に説明した従来のスラスト磁気軸受の構造では、コイル4の十分な冷却機能を持っていないため、電流密度の増加によって発生するコイル4のジュール損を冷却除去することが

$$P = \gamma \omega^2 (\gamma_1^2 - \gamma_2^2) / (2g) \quad (\text{kg/m}^2)$$

ここに、

$\gamma$  : 流体 (冷媒) の比重量  $(\text{kg/m}^3)$

$g$  : 重量加速度  $(\text{m/s}^2)$

$\omega$  : 回転角速度  $(\text{rad/s})$

$\gamma_1$  : スラスト円盤通風孔の内半径  $(\text{m})$

$\gamma_2$  : スラスト円盤通風孔の外半径  $(\text{m})$

\* できなかった。従って、結局コイルの巻回数を増やすなどスラスト磁気軸受装置を大型化しなければならないという問題があった。本発明の目的は、前記の欠点を除去するために、自己冷却機能を有するスラスト磁気軸受装置を提供することを目的とする。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】本発明は、スラスト磁気軸受装置において、回転軸の嵌着固定されたスラスト円盤に半径方向の通風溝を設け、電磁石コイル支えに冷却

10 用の通風路を設けたことを特徴とする。

## 【0007】

【作用】上記手段により、回転軸の回転に伴いスラスト円盤が回転し、そのスラスト円盤に設けた通風溝のファン作用により流体を昇圧することにより、コイル支え背面の流体を循環させることができる。

## 【0008】

【実施例】本発明の一実施例を図面を用いて説明する。図1は、実施例のスラスト磁気軸受装置の構造断面図、図2は実施例のスラスト円盤を軸方向から見た図である。

20 図5と同一符号で示すものは同一部品である。図1及び図2において、スラスト円盤2には、最外径側より中心へ向って円周方向に等間隔に通風の穴10が数箇所あけられている。また、このスラスト円盤2の内径側に軸方向に貫通して、前記通風の穴10と円周方向位置を等しく穴11があげられている。従って、これらの通風の穴10及び穴11は連結されている。一方、コイル4を固定するコイル支え5を適当なギャップを持たせて対抗させるためのスペーサ7の内径側に円周方向の溝12を設け、この溝12の底から半径方向に数箇所の貫通穴13を設ける。この貫通穴13は、回転機械のフレーム9に設けられた通風路14を経て機外へ解放あるいは熱交換器に通じている。また、コイル支え5の背面に冷却用の通風空間が形成されるように、回転軸対象にドーナツ状の溝15を設け、外周側に数箇所の半径方向の溝16が設けられている。このコイル支え5の背面をカバー17で覆うことによりコイル支え5の背面に冷却ジャケット18が形成され、機外あるいは熱交換器からフレーム9の通風路19を経てつながっている。スペーサ7、コイル支え5、カバー17はボルト20で一体に取付けられている。上記実施例に示すような構成によると、回転軸1の回転に伴いスラスト円盤2が回転し、そのスラスト円盤2に設けた通風穴10のファン作用により

※だけ昇圧されるため、流体はコイル支え背面の冷却ジャケット18からスラスト円盤2の内径側を経て、外径側へ向って流れる。その結果、コイル支え背面の熱伝達が促進され、コイル4を効果的に冷却することができる。

【0009】上述した作用により、コイル支え5の背面の熱伝達が促進され、コイル4の冷却性が向上する。



め、コイル4の電流密度を高くすることができ、ひいては小型で吸引力の強い、つまり剛性の高いスラスト磁気軸受を提供することができる。

(他の実施例)

【0010】上述の実施例では、スラスト円盤の内部に通風路を設ける構造を用いて説明したが、本発明の特徴はスラスト円盤を効果的なファンとして利用し、自己冷却機能を持たせることを特徴としているため、図3に示すようにスラスト円盤の外周部に軸方向の溝21を設けたり、図4に示すように、スラスト円盤の側面に溝を設けてファン作用を持たせて使用するなど、種々選択して利用することはもちろんのことである。

【0011】

【発明の効果】以上述べたように本発明によれば、コイル支えの背面の熱伝達が促進され、電磁石コイルの冷却性が向上するため、電磁石コイルの電流密度を高くする \*

\* ことができ、ひいては小型で吸引力の強い、つまり剛性の高いスラスト磁気軸受を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例によるスラスト磁気軸受装置の構造断面図、

【図2】本発明によるスラスト円盤を軸方向からみた図、

【図3】他の実施例のスラスト円盤の軸方向からみた図、

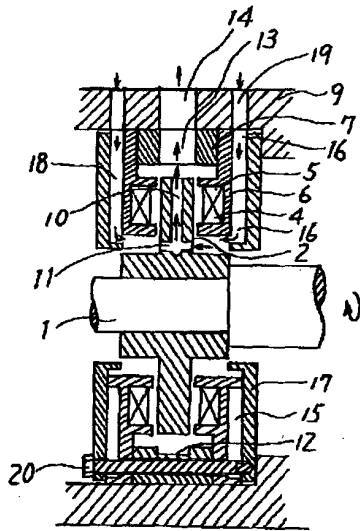
10 【図4】他の実施例のスラスト円盤の軸方向からみた図、

【図5】従来のスラスト磁気軸受装置の構造断面図。

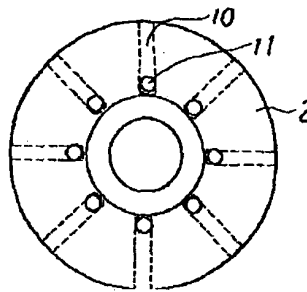
【符号の説明】

1…回転軸、 2…スラスト円盤、 4…コイル、 5…コイル支え、 10、11、 13…通風用穴、

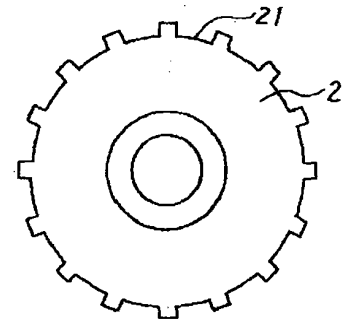
【図1】



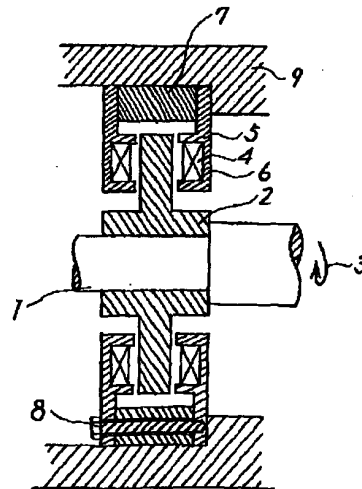
【図2】



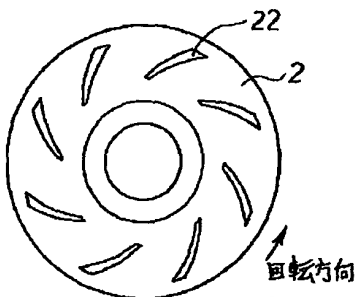
【図3】



【図5】



【図4】





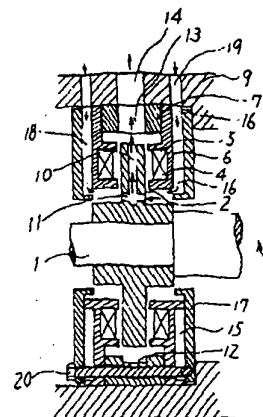


**(54) THRUST BEARING**

(11) 5-71533 (A) (43) 23.3 (19) JP  
(21) Appl. No. 3-235229 (22) 17.5  
(71) TOSHIBA CORP (72) HIDETOSHI KANZAKI  
(51) Int. Cl.<sup>5</sup>. F16C32/04

**PURPOSE:** To increase the current density of a coil in an electromagnet by forming radial grooves in a thrust disc so as to cool the coil.

**CONSTITUTION:** Ventilating holes 10 are formed on a thrust disc 2, in a circumferential direction at several positions from the outermost diametrical position to the center position of the disc. Holes 11 are formed in the disc 2 on the inner diametrical side thereof, axially piercing therethrough at positions the same as the positions of the ventilating holes 10. In association with the rotation of a rotary shaft 1, the thrust disc 2 is rotated fluid flows from a cooling jacket 18 in rear of a coil support 5 to the outer diameter side of the thrust disc 2 through the inner diameter side thereof due to fun action caused by the ventilating holes 10 formed on the thrust disc. As a result, the heat transmission at the rear surface of the coil support 5 is promoted, thereby it is possible to effectively cool the coil 4.

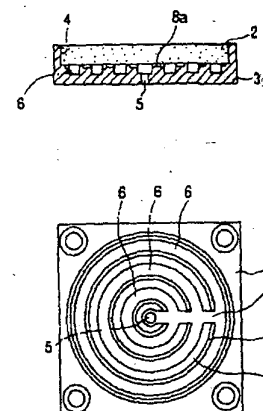


**(54) STATIC PRESSURE BEARING PAD**

(11) 5-71534 (A) (43) 23.3.1993 (19) JP  
(21) Appl. No. 3-255854 (22) 6.9.1991  
(71) CANON INC (72) TAKAOMI MIYAZAKI  
(51) Int. Cl.<sup>5</sup>. F16C32/06

**PURPOSE:** To strengthen the bonding force between a porous member and a housing by bonding the same with use of a suitably quantity of adhesive having a uniform thickness.

**CONSTITUTION:** A plurality of air grooves 6 are formed in the bottom wall of recess 4 in a housing 3, in which a porous member 2 is disposed, recessed parts 8a are formed respectively on raised parts 8 between the air grooves 6 so as to define air gaps between the raised parts 8 of the housing and the bottom surface of the porous member 2 which are bonded together. After the application of adhesive to the peripheral wall of the recess 4 in the housing and the raised parts 8, the porous member 2 is press-fitted in the recess 4, a substantial part of the adhesive applied to the raised part 8 is compressed in the gaps.



5: air feed groove, 7: air groove

**(54) STATIC PRESSURE FLUID BEARING**

(11) 5-71535 (A) (43) 23.3.1993 (19) JP  
(21) Appl. No. 3-259654 (22) 11.9.1991  
(71) CANON INC (72) MASAYOSHI ASAMI(2)  
(51) Int. Cl.<sup>5</sup>. F16C32/06

**PURPOSE:** To enhance the rigidity without lowering the degree of accuracy of a static pressure fluid bearing, and to prevent the bearing and a rotary shaft from making contact with each other during rotation at a high speed.

**CONSTITUTION:** A cylindrical pad 7 and an annular pad 10 are held on a radial bearing part 4 and a thrust bearing part 5 of a bearing housing 6, respectively. The inner peripheral surface of the pad 7 integrally formed, is divided into a plurality of annular surfaces 7b by annular grooves 7a. Air vent grooves 7 are opened to the annular grooves 7a. Accordingly, static pressure fluid having flown along the annular surfaces 7b are emitted through the air discharge holes 7d and an air discharge hole 9 in the bearing housing. Accordingly, the annular surfaces 7b has a rigidity nearly equal to that of the static pressure bearing pads which are independent from each other. A part adjacent to a joint part between the rotary shaft 1 and a thrust plate 2 expands remarkably during rotation at a high speed, and accordingly, the bearing gap in the boundary part between the radial bearing part 4 and the thrust bearing part 5 of the bearing housing 6, with no pad being laid in the boundary part, so as to prevent the rotary shaft and the bearing from making contact with each other.

